

**ELATERIDOS DE DOSEL (COLEOPTERA: ELATERIDAE) DE LA CUENCA
AMAZONICA ECUATORIANA: DESCRIPCION TAXONÓMICA Y
EVALUACION DE LA DIVERSIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL**

María del Pilar Aguirre Tapiero



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
POSTGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
SANTIAGO DE CALI**

2013



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

**ELATERIDOS DE DOSEL (COLEOPTERA: ELATERIDAE) DE LA CUENCA
AMAZONICA ECUATORIANA: DESCRIPCION TAXONÓMICA Y
EVALUACION DE LA DIVERSIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL**

TÉSIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Por:

María del Pilar Aguirre Tapiero

M.Sc. Nancy Soraya Carrejo Gironza, Directora de tesis

Ph.D. Terry L. Erwin, Codirector

Cali, Colombia 2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POSTGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MARIA DEL PILAR AGUIRRE TAPIERO, 1983

ELATERIDOS DE DOSEL (COLEOPTERA: ELATERIDAE) DE LA CUENCA
AMAZONICA ECUATORIANA: DESCRIPCION TAXONÓMICA Y
EVALUACION DE LA DIVERSIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL

TEMÁS O MATERIAS

- **Diversidad de elateridos de dosel**
- **Interacciones de riqueza y diversidad a escala espacial**
- **Interacciones de riqueza y diversidad a escala temporal**
- **Patrones de recambio de especies**

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIRECTOR DE TESIS: MSc. N. CARREJO

CODIRECTOR DE TESIS: PhD. T. L. ERWIN

JURADO 1: PhD. A. GIRALDO

JURADO 2: PhD. P. JOHNSON

DEDICATORIA

*A Dios,
A mis Padres por todo su esfuerzo,
A mis Hermanos por su compañía,
A mi Tía por su apoyo incondicional,
A mi abuela QEPD,
a todos ¡Gracias!.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a todas las personas que hicieron posible la realización de esta investigación:

A Terry L. Erwin por todo su apoyo moral, científico y por permitirme formar parte del proyecto

A Nancy S. Carrejo por su apoyo académico durante el desarrollo de la maestría y en la realización de este trabajo.

A la sección de Entomología, al Grupo de Investigaciones Entomológicas (GIE), a su director el Profesor Ranulfo González, a la Universidad del Valle y a su programa de postgrado en Ciencias Biológicas por su apoyo académico e institucional.

A los jurados por su tiempo y paciencia en la revisión de este trabajo.

A los nebulizadores: Los siguientes (por orden de número de veces de participación) fueron quienes estuvieron en el bosque a las 0345 horas para limpiar las hojas de colecciones y limpiar las rutas de acceso para las operaciones: Primer Equipo (incluye también la separación de las muestras): Pablo E. Araujo, Sandra Enríquez, Fabián Berbosa, Rubén Carranco, María Teresa Lazo, Vladimir Carvajal, Ana María Ortega, Paulina Andrea Rosero Lucky, Sarah Weigel, Valeria Granda. Varias veces o una vez como asistentes de campo (en orden alfabético): Mila Coca de Alba, Gillian Bowser, Franklin Guerra, Pablo, Enrique, Peters Hibbs, Amber Jonker, Pella Larsson, Keeta DeStefano Lewis, Jennifer Lucky, Ana Mariscal, Mayer Marqués Marinez, Raúl F. Medina, Wendy Moore, Karen Ober, Mónica O'Chaney, Kristina Pfannes, Mike G. Pogue, Wendy Porras, Teresa Radtke, Jennifer Rogan, Leah Russin, Mercedes Salgado, Linda Sims, Dawn Southhard, George L. Venable, Joe Wagner Jr., y Winare.

Al equipo del Museo: El siguiente (en orden alfabético) proveyeron cosas importantes en el Departamento de Entomología del Smithsonian Institution que permitieron la producción: Geraci CJ y Warren Steiner.

A la asistencia técnica: Paul Johnson y Samuel Wells quienes corroboraron algunas determinaciones genéricas de algunos escarabajos utilizados en este estudio.

A Christian Bermúdez quién amablemente me enseñó a utilizar los programas y facilitó gran parte de la bibliografía consultada.

A las entidades que realizaron subvenciones: -El Museo Nacional de Historia Natural permitió la financiación de proyecto bajo los siguientes programas: el programa NLRP, Programa BSI, Programa Short-Term Visitor, el Departamento de Entomología, el apoyo de campo de Ecuambiente, S.A., en Quito, Ecuador, permitiendo la participación de los varios estudiantes ecuatorianos en la estación de Onkone-Gare.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	8
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABLAS	13
RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN	16
ANTECEDENTES	18
OBJETIVOS.....	22
Objetivo General:	22
Objetivo Específicos:	22
HIPOTESIS	23
MATERIALES Y METODOS.....	24
CAPÍTULO I.....	57
RESÚMEN.....	58
ABSTRACT	58
INTRODUCCIÓN	58
MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
CONCLUSION.....	70
LITERATURA CITADA	71
CAPÍTULO II	29
RESUMEN.....	30
INTRODUCCIÓN	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
RESULTADOS.....	37
DISCUSIÓN	48
CONCLUSIONES.....	52
LITERATURA CITADA	53
LITERATURA CITADA GENERAL	57

LISTA DE FIGURAS

PARTE INTRODUCTORIA

- Figura 1.** Mapa de Ecuador mostrando el Parque Nacional Yasuní y la localidad de la estación Onkone-Gare. 24
- Figura 2.** Gráfica del índice de oscilación del sur (SOI), que representa la presencia del fenómeno El Niño/La Niña. Los valores por encima de 0 representan la fase fría del ENOS (La Niña) y los valores por debajo de 0, representan la fase cálida del ENOS (El Niño). Los puntos en la gráfica representan los meses de muestreo y los valores del índice SOI. 25
- Figura 3.** Cien estaciones de muestreo distribuidos en diez transectos en una parcela de 100 x 1000 m, en la zona de la estación Onkone-Gare. 26
- Figura 4.** Técnica de “fogging” o nebulización. 27

Capítulo I

- Figura 1. 1.** Curva de rango-abundancia de las especies de Elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare. 37
- Figura 1. 2.** Curvas de acumulación de especies de elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare. 38
- Figura 1. 3.** Curva de acumulación de la diversidad ($\exp(H')$) de los elatéridos dosel de la reserva Onkone-Gare. 39
- Figura 1. 4.** Diagramas de caja mostrando las variables ecológicas del ensamblaje de coleópteros Elatéridos entre los años 1994 y 1996. 40
- Figura 1.5.** Curvas de rango-abundancia discriminadas por meses de muestreo. 41
- Figura 1. 6.** Análisis de conglomerados basados en la similitud utilizando el método de ligamiento completo con el índice de Bray-Curtis, para los meses de muestreo de los años 1994 y 1996 de los elatéridos de dosel de la estación Onkone-Gare. 42
- Figura 1. 7.** Curvas de acumulación de especies de los elatéridos dosel de la reserva Onkone-Gare, para los tres meses de muestreo del año 1994: Enero, Junio y Octubre. 43
- Figura 1. 8.** Curvas de acumulación de especies de los elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare, para los tres meses de muestreo del año 1996: Febrero, Junio y Septiembre. 44

Figura 1. 9. Curvas de acumulación del índice transformado de Shannon ($\exp(H')$) de los elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare, para los 6 eventos de muestreo entre los años 1994 y 1996.....	45
--	----

Figura 1. 10. Gráficos de los valores de q de la diversidad alfa (A) y beta (B), para los niveles de jerárquicos de la partición multiplicativa de la diversidad de elatéridos de dosel de la estación Onkone-Gare.....	47
--	----

Capítulo II

Figura 2. 1. Vista dorsal de <i>Anchastus semimoratus</i> sp. n.....	63
---	----

Figura 2. 2. Aedeagus de <i>Anchastus semimoratus</i> sp. n.	63
--	----

Figura 2. 3. Urosternito IX y urosternito VIII de <i>Anchastus semimoratus</i> sp. n.	64
---	----

Figura 2. 4. Urotergito IX – X de <i>Anchastus semimoratus</i> sp. n.	64
---	----

Figura 2. 5. Vista dorsal de <i>Cardiorhinus apicalis</i> Golbach, 1979	66
--	----

Figura 2. 6. Vista dorsal de <i>Physorhinus marginatus</i> Candèze, 1859 hembra.	68
--	----

Figura 2. 7. Vista dorsal de <i>Physorhinus sexnotatus</i> Steinheil, 1875	70
---	----

LISTA DE TABLAS

CAPITULO I

Tabla 1. 1. Variables ecológicas del ensamblaje de Elatéridos de dosel de la cuenca amazónica occidental, para cada época climática de los años de muestreo.	39
Tabla 1. 2. Valores de las pruebas de Mantel de las variables ecológicas en relación con las distancias geográficas y temporales	45
Tabla 1. 3. Partición multiplicativa espacial y temporal de la diversidad de elatéridos de dosel de la estación Onkone-Gare (0D , es igual a la riqueza de especies, 1D es igual a la diversidad de Shannon y 2D es igual a la diversidad de Simpson).	46
Tabla 1. 4. Recambio de especies entre las épocas húmeda, seca y de transición y el recambio medido entre cada tipo de épocas climáticas.	48

ANEXOS

Anexo 1. LISTADO DE ESPECIES DE LOS ELATERIDOS DE DOSEL DE LA CUENCA AMAZÓNICA OCCIDENTAL CON SUS CORRESPONDIENTES CÓDIGOS E IMÁGENES.....	81
---	----

RESUMEN

Utilizando como método de muestreo la nebulización o comúnmente conocido como “Fogging”, se estudió la diversidad y se identificaron los elateridae arbóreos presentes en la reserva Onkone-Gare (Parque Nacional Natural Yasuní) – Selva Amazónica Ecuatoriana.

En el marco del proyecto “Diversidad de Artrópodos de dosel” dirigido por TL. Erwin, se muestrearon 100 sitios de 3 x 3 m dentro de un área de 100 x 1000m de bosque de terra firme (selva no inundable) en seis fechas de muestreo, desde enero de 1994 hasta octubre de 1996. Con la ayuda de claves dicotómicas y descripciones específicas, se identificaron 1327 especímenes, agrupados en 94 especies. Una redescrición de la especie *Anchastus bouldardi* Chassain es presentada, así como también los nuevos registros del género *Physorhinus* Eschscholtz ssp y del género *Cardiorhinus* Eschscholtz para Ecuador.

En cuanto a la estimación de los patrones de diversidad (alfa, beta y gamma), las proporciones de las especies que estuvieron representadas por un solo individuo por fecha (singletons) tuvieron un rango de 38,2%. La estimación estadística de la riqueza de especies indicó la presencia de 8 a 67 especies en las fechas de muestreo. Las curvas de acumulación total no se estabilizaron a lo largo de todo el estudio. Se observaron diferencias significativas en la composición de especies entre las fechas de muestreo. El ensamblaje de los elatéridos estuvo compuesto en su mayoría por especies de poca abundancia y la estimación de la riqueza para la zona fue alrededor de 150 morfoespecies. Entre los niveles de muestreo se encontraron diferencias significativas entre los meses y años para todas las variables ecológicas consideradas. Estas variables presentaron autocorrelación temporal positiva y significativa, pero la autocorrelación espacial no fue significativa. Para analizar los patrones de diversidad se utilizó una aproximación de partición multiplicativa. Esta aproximación reveló que existe un recambio alto entre los años y entre los meses de muestreo, pero en los transectos se obtuvo un recambio más bajo que el esperado; este recambio es mantenido entre las especies poco frecuentes, pero las especies comunes no varían su composición entre los niveles de muestreo considerados. En total, el alto porcentaje de especies no descritas, la falta de nivelación de las curvas de acumulación y la baja proporción de especies compartidas, indican que la diversidad de elatéridos de dosel es mucho más alta de lo pensado.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales del mundo son los hábitats más amenazados y desconocidos del planeta, y el dosel ha demostrado ser el lugar que más potencial de especies pudiera tener (Erwin 1982). De éstas especies animales, los artrópodos son los más numerosos de todos (Mora et al. 2011), tanto que se ha propuesto como hipótesis que deben existir alrededor de 30 millones de especies (Erwin 1991).

Dentro de los artrópodos, los coleópteros hasta ahora, se les considera el orden más rico de todos y las familias de este orden aparecen como las más numerosas en los hábitats de dosel, como: Staphylinidae, Chrysomelidae o Curculionidae, entre otras (Basset 2001). De este grupo, algunas familias han sido estudiadas en los ambientes de dosel y se han determinado algunas variables ecológicas de los ensamblajes (Lucky et al. 2002).

De estas familias, la familia Elateridae adolece de información tanto ecológica como taxonómica, en este tipo de hábitat, por lo que con este trabajo se intenta llenar los vacíos de conocimiento que posee este grupo.

Esta familia fue erigida por Leach en 1815. A partir del registro de gran cantidad de nuevas especies y la consecuente creación de nuevos géneros para agrupar los patrones de variación morfológica encontrados, condición que ha provocado que la clasificación de la familia este en constante proceso de modificación. Para el mundo se conocen 9300 especies agrupadas en 414 géneros, de éstos para la región Neotropical se conocen 109 géneros y 2093 especies (Costa 2000).

Los adultos se reconocen fácilmente por la presencia de un único mecanismo de defensa, el aparato “saltador” que le da una forma muy particular al cuerpo (Calder 1996). Antes del salto, el cuerpo es arqueado a expensas de la articulación laxa que existe entre el protórax y mesotórax, durante el salto, no intervienen las patas y comienza un movimiento coordinado de músculos intersegmentales longitudinales, en donde la espina prosternal se desliza rápidamente hacia la cavidad (Guzmán & Aranda 2008). En el momento de “saltar”, su dorso se encuentra apoyado en el suelo, una unión flexible del protórax con el mesotórax y una espina prosternal hace resorte con el mesosternun, permitiéndoles huir de sus predadores mediante un salto que produce un “chasquido” típico y audible, por lo que son comúnmente llamados como “escarabajos click”. En reposo la espina prosternal encaja en

la cavidad mesosternal y tanto protórax como mesotórax se ajustan fuertemente uno al otro. Esta característica exclusiva de los elatéridos, es considerada por Crowson (1981) como un eficiente mecanismo de defensa.

Los adultos pueden ser diurnos o nocturnos y con hábitos alimenticios muy variados, la mayoría son depredadores y/o fitófagos. Las especies de *Aeolus* Eschsch, se asocian con leguminosas y plantaciones de fresas (Guzmán y Aranda 2008). Las larvas (conocidas comúnmente como “gusano alambre”) son saprófagas y fitófagas, con digestión extra oral, consumen restos leñosos, moho, y pueden ser necrófagas y predadores de larvas de otros coleópteros. Sin embargo, algunas como de *Chalcolepidius zonatus* Eschsch., que habitan en troncos en descomposición, puede en un estado temprano de su desarrollo larval ser xilófagos y necrófagos y en un estado más avanzado de su desarrollo puede ser depredadoras de larvas de insectos xilófagos como Cerambícidos o Bupréstidos (Dajoz 2001).

Desde el punto de vista agronómico, muchas especies son frecuentemente citadas como plagas agrícolas, ya que se alimentan de semillas de gramíneas cultivos de algodón, tabaco y papa, (Álvarez et al.1993), también atacan leguminosas como la soja y cereales, siendo el maíz uno de los más afectados. Dado sus hábitos alimenticios, existen datos de pérdidas importantes por consumo de semillas de trigo recién sembradas o de raíces de plantas en desarrollo (Artigas 1994).

ANTECEDENTES

A pesar de su aparente homogeneidad en su morfología externa, la familia Elateridae se le considerada como uno de los grupos más

megadiversos de Coleóptera y es por esta razón, que se han hecho numerosos estudios intentando clasificar la familia en subfamilias y tribus, creando nuevos niveles jerárquicos para agrupar todas estas diversidades morfológicas.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, Candèze publica una serie de monografías (1857, 1859, 1880, 1881 y 1889) donde recopila gran parte de la información taxonómica existente de Elateridae. En estos documentos hace una revisión de los elatéridos del mundo, sus trabajos culminan en 1891 con la publicación del catálogo mundial de los elatéridos, agrupándolos en 27 tribus (Candèze 1891).

Desde 1896 hasta 1907, Schwarz estudió los elatéridos suramericanos, publicando los fascículos del *Genera Insectorium* siguiendo el ordenamiento de tribus propuesto por Candèze, en este trabajo se erige el género *Hifoidea* y propone numerosos cambios de géneros y especies (Golbach 1994). En 1917, Hyslop intenta un nuevo ordenamiento supragenérico de la familia, teniendo en cuenta caracteres de adultos y larvas. Ante el desconocimiento de las larvas de algunas familias o tribus, el autor no incluyó a los Pomachilinae, esto trajo como consecuencias que en los trabajos de Blackwelder (1944) no se referenciaran especies de esta subfamilia.

En 1925, Schenkling presenta la primera parte de su catálogo mundial de Coleóptera, elevando las tribus de Elateridae propuestas por Candèze al nivel de subfamilia y publica la segunda parte del catálogo dos años después. Posteriormente, en 1994 Blackwelder publica un listado de los "*Coleópteros de México, América Central, las Indias Occidentales y América del Sur*" basándose en la propuesta de subfamilias, tribus y subtribus de Hyslop, éste trabajo se constituye en el primero para el Neotrópico.

Crowson basándose en los caracteres de adultos y larvas realiza numerosos estudios en 1960, 1961, 1972, 1975 y 1981. En 1961, basado en el número de escleritos del ápice del ala posterior, entre otros caracteres de adultos y larvas, presenta la clasificación de la familia en 6 subfamilias. Más adelante, Costa (1968), estudia los Pyrophorinae agrupándolos en tribus y subtribus, y creando la subfamilia Campoyloxeninae, la cual

incluye al género *Campyloxenus* y del género *Pyrophorus* excluye gran cantidad de especies, de las cuales crea 17 nuevos géneros, redescubre los géneros *Phanophorus* y *Hypsiophthalmus*, en 1978 presenta la creación de un nuevo género, *Pyrearinus*, y *Ignelater* en 1980.

Golbach (1976), propone una clave tentativa de los géneros y especies de la subfamilia Hemirhipinae de Centro y Sur América, basándose en los cambios realizados por Fleutiaux (1947). En otro intento por clasificar, Stibick en 1979, desarrolla una nueva clasificación de la familia considerando la conformación de los adultos y de las larvas, pero como aún eran desconocidas varias especies, resulta en una ordenación de 12 subfamilias, incluyendo 8 de las subfamilias reconocidas por Guryeva (1974) y Dolin (1975) con la excepción de Tetralobiinae que queda como una tribu de Pyrophorinae y Diminae como una subtribu de Denticollinae.

Lawrence y Newton (1982), presentan una clasificación filogenética de la familia, aplicando por primera vez el término “linaje elateriforme”. Este grupo está constituido por Buprestoidea, Byrrhoidea y Elateroidea como lo propuso Crowson en 1960. Esta clasificación, a su vez, sirvió de base a Lawrence y Newton Jr. en 1995 para la última clasificación de los Elateridae conformada por 18 subfamilias, clasificación que se utiliza actualmente.

Posteriormente en el año 1994, Golbach publica un catálogo donde propone una clave de subfamilias y géneros de Centro y Sur América. En el menciona que hasta ese momento no existía una clave para la identificación de las subfamilias y géneros de Elateridae de la región Neotropical, aun cuando los estudios llevados a cabo por Champion (1895) y Golbach (1976) habían aportado valiosa información sobre los Elateridae de Centro y Sur América.

Con respecto a Sur América se han realizado estudios en Chile (45 géneros y 107 especies) presentando un gran índice endémico, también se ha estudiado a la tribu Pomachiliini (Elaterinae) presentando 4 géneros nuevos con 6 a 12 especies cada uno (Arias 2003).

Para Ecuador, hasta el momento no se han realizado trabajos específicamente que contribuyan al conocimiento de la elateridofauna. La distribución de géneros en este país no se conoce exactamente, sólo se sabe la presencia de algunos géneros por que existen ejemplares depositados en diferentes museos del mundo y por la información aportada por

revisiones genéricas, entre esas, las realizadas por Costa (1968, 1978), Casari (2002), Casari-Chen (1991), Golbach (1991a, 1991b), Guzmán de Tomé (1992, 1997, 2005), Guzmán de Tomé & Peralta (2000) etc.

Los estudios realizados sobre la distribución temporal, distribución espacial, ciclos de vida y condiciones de hábitat de los elatéridos, son todavía escasos para América del Sur y específicamente mucho más escasos para la cuenca amazónica ecuatoriana. Los estudios realizados sobre la biología de los elatéridos, han sido enfocados a aquellas especies que presentan un grado de importancia agroeconómica. Se han realizado investigaciones acerca de los ciclos de vida de algunas especies, como por ejemplo los trabajos llevados a cabo para Brasil por Costa et al. (1988) y para Argentina por Bruch (1942) quién describió el ciclo biológico de *Chalcolepidius limbatus* Esch., y Guzmán de Tomé (inédito) quién describió el ciclo de la especie *Conoderus sumac*. La abundancia y la distribución espacial de los estados inmaduros de esta familia, han sido estudiados por Cherry & Stansly (2008) en cultivos de caña de azúcar en la Florida sin encontrar diferencias entre los dos tipos de suelos y una distribución al azar y agregada.

Estudios para estimar la diversidad local de especies de coleópteros fueron hechas en un bosque tropical de tierras bajas de Nueva Guinea (Novotny & Basset 2000, 2005), pero sin utilizar la técnica de fumigación de dosel.

En la cuenca amazónica ecuatoriana, Erwin & Geraci (2009) realizaron investigaciones con algunas familias de Coleóptera como Scarabaeidae, Erotylidae, Carabidae, Ceratocanthidae, Mordellidae, Buprestidae, Curculionidae (Entiminae y Otidoccephalini), Chysomelidae (Cryptocephalinae, Hispinae y Alticinae), Cleridae y Elateridae utilizando la técnica de nebulización. En este estudio demostraron por qué es tan difícil de describir la biodiversidad de artrópodos en la cuenca del Amazonas, y en efecto, en la Región Neotropical estimando que el 80% de los escarabajos nebulizados podrían ser nuevos para la ciencia, viéndose en la tarea de utilizar el concepto de morfoespecies, dificultando un poco la confirmación de la identidad de las especies pero convirtiéndose en los primeros pasos para estimar la biodiversidad.

Posteriormente, Lucky y colaboradores en el 2002 estudiaron la diversidad de Carábidos arbóreos en la Amazonía ecuatoriana mediante el método de nebulización. Ellos observaron diferencias entre la composición de especies entre los dos sitios de muestreo y que la

estructura de este grupo taxonómico presentaba patrones significativos a distancias a menores de 280m. Sin embargo el alto porcentaje de especies no descritas, la falta de nivelación de las curvas de acumulación y la baja proporción de especies compartidas entre las fechas de muestro, indicaron que la diversidad de carábidos era aún más alto de lo pensado.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Describir los patrones de diversidad del ensamblaje de coleópteros Elatéridos de la cuenca occidental amazónica y ampliar el conocimiento taxonómico de la familia elateridae para el Neotrópico.

Objetivo Específicos:

- Realizar un análisis taxonómico del ensamblaje de Elateridos presente en la cuenca occidental Amazónica del Ecuador
- Describir los patrones de diversidad del ensamblaje de Elateridos de la cuenca occidental amazónica del Ecuador.
- Evaluar el efecto de la autocorrelación temporal o espacial sobre los patrones de diversidad del ensamblaje de elateridos de la cuenca occidental amazónica del Ecuador.

HIPOTESIS

H1. La diversidad total del ensamblaje está influenciada significativamente por el recambio de especies, que existe entre los niveles que representan el cambio temporal (años y meses) y no el espacial, como resultado de la dinámica climática local.

H2. El fenómeno de la autocorrelación temporal o espacial explica los patrones de diversidad, debido a que este fenómeno influencia la disponibilidad de recursos para las especies de la familia.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. El área de estudio comprende la estación Onkone-Gare localizada a $0^{\circ}39'25.7''\text{S}$ y $76^{\circ}27'10.8''\text{W}$, con una elevación de 216 m.s.n.m., en el margen del Parque Nacional Yasuní, ubicada en la cuenca amazónica occidental ecuatoriana dentro de la provincia de Orellana (Figura 1).

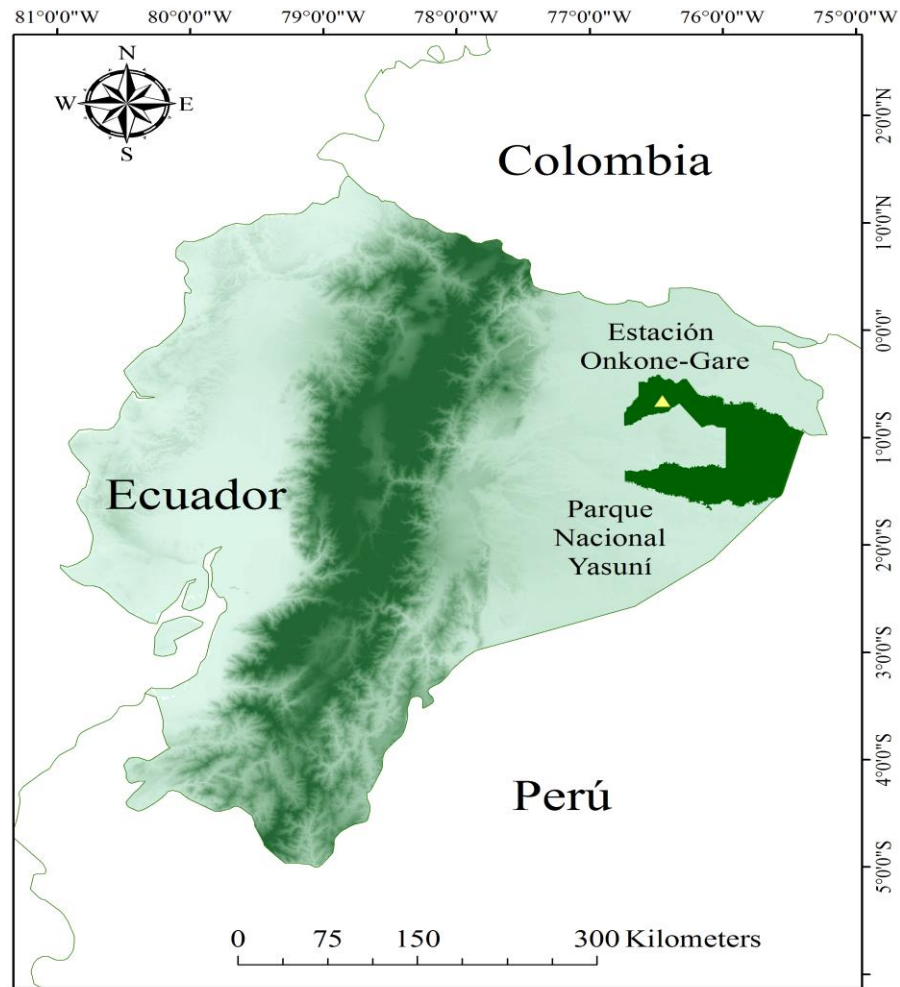
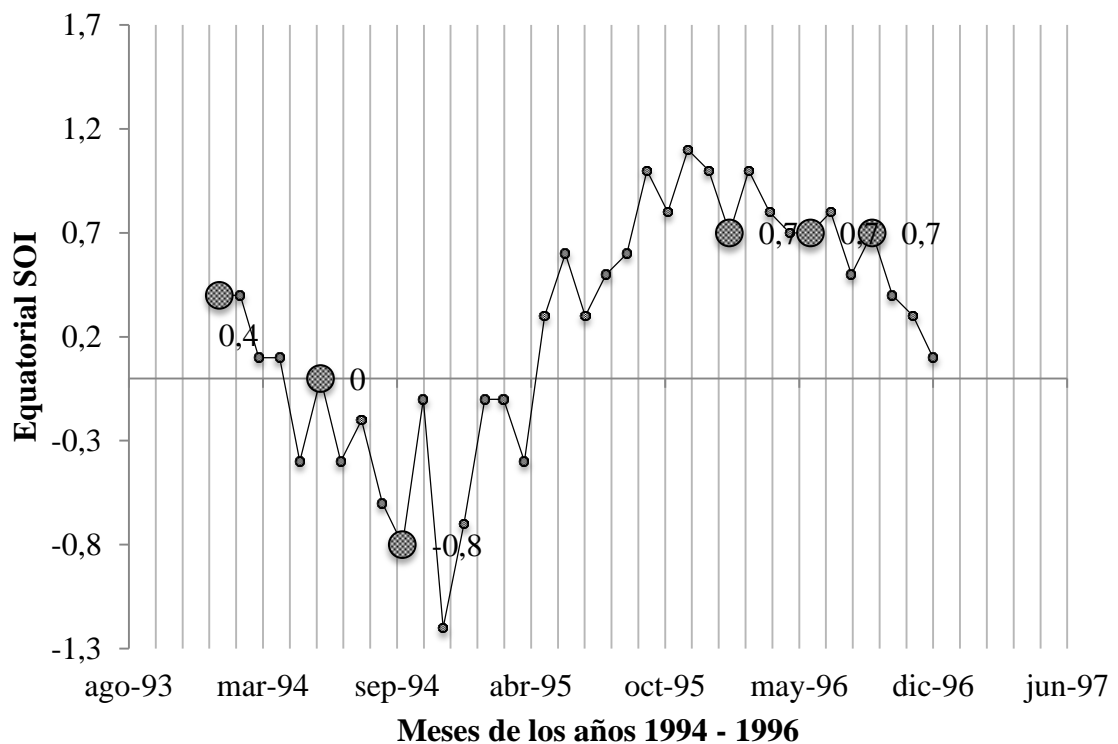


Figura 1. Mapa de Ecuador mostrando el Parque Nacional Yasuní y la localidad de la estación Onkone-Gare.

Muestreo. Los muestreos se llevaron a cabo en los años 1994 y 1996, dentro de cada año se escogieron tres meses para hacer la nebulización, que comprendieron la época seca, la

época lluviosa y la época de transición. En el año 1994 se muestrearon los meses de enero, que representan la época seca, junio la época de transición y octubre la época húmeda. En el año 1996, se muestrearon los meses de febrero, junio y septiembre que representan las mismas épocas del clima en el mismo orden anterior.

En estos dos años se presentaron los fenómenos climáticos conocido como la oscilación del sur o El Niño. Esta oscilación presenta dos fases, un periodo más cálido, donde la superficie del océano pacífico frente a las costas de Perú y Ecuador se calientan, causando periodos de tiempo atmosférico más calientes de lo normal; a este periodo se le conoce como El Niño (ENOS caliente) que para este estudio ocurrió en el año 1994. La fase fría ocurre cuando la superficie del océano se enfría, enfriando a su vez el clima regional y localmente, este fenómeno se conoce como La Niña (ENOS frío) que para este estudio ocurrió en el año 1996 (Figura 2) (Rasmusson & Wallace 1983, Trenberth 1997).



(La Niña) y los valores por debajo de 0, representan la fase cálida del ENOS (El Niño). Los puntos en la gráfica representan los meses de muestreo y los valores del índice SOI.

Los elatéridos fueron coleccionados por la metodología usada por Erwin (1989) Erwin et al. (2005), que consistió en establecer una parcela de estudio de 100 m x 1000m de área, que consta de 10 transectos de 10m x 100m espaciados cada uno de ellos por 100m a lo largo de la parcela (Figura 3). Diez estaciones de colecta, dentro de cada transecto, cada 3m x 3m, fueron aleatoriamente localizadas dentro de cada zona de 10m x 100m dispuestas a ambos lados de una línea central.

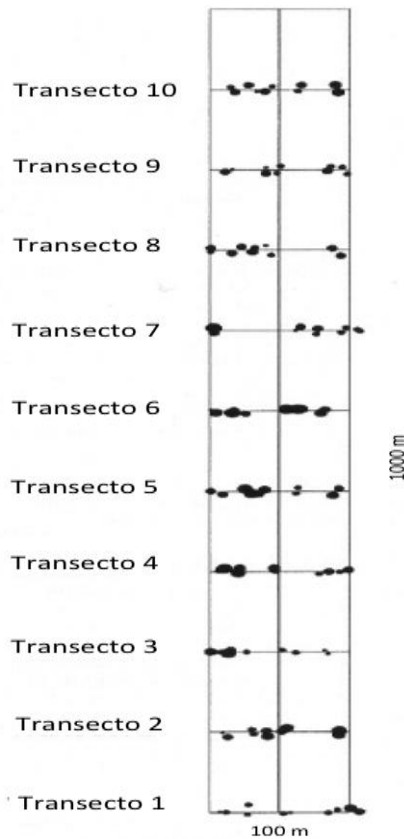


Figura 3. Cien estaciones de muestreos distribuidos en diez transectos en una parcela de 100 x 1000 m, en la zona de la estación Onkone-Gare. (Tomado de Lucky et al. 2002)

En cada una de estas estaciones se realizó una nebulización con un piretroide, técnica conocida como “*fogging*”. Este método consistió en el uso de una tela de 3m x 3m suspendida por cuerdas de nylon atada a los árboles o estacas y dispuestos a un metro por

encima del suelo en cada estación. La nebulización se hizo un metro por encima de la tela, dejando que el humo ascendiera en forma de columna hasta lo alto del dosel (hasta los 40 metros). Esto se realizó entre las 3:45 y las 5:00 de la madrugada (Figura 4).



Figura 4. Técnica de “fogging” o nebulización. (Tomado de Erwin & Geraci 2009)

Colección y determinación taxonómica. Las muestras se encuentran almacenadas en el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian en la ciudad de Washington DC (USA) y en la Universidad Nacional Politécnica en Quito, Ecuador.

La revisión del material, se realizó con el apoyo del programa-beca Short-Term Visitor otorgado por el Instituto Smithsoniano, su identificación hasta nivel de especie se hizo con la ayuda de diferentes claves de identificación taxonómica (Johnson 1991, Golbach 1994), revisiones a nivel de género (Casari 1998, 2002; Golbach 1979; Guzmán de Tomé 1992, 1997, 2005; Schaaf 1970, 1971; Wells 2007) y catálogos para el neotrópico (Blackwelder 1994; Champion 1895). Para los *taxa* revisados que no fue posible una identificación a nivel de especie, se usó el concepto de morfoespecie para separar los especímenes en

unidades taxonómicas reconocibles (RTU por sus siglas en inglés (Oliver *et al.* 1993; Oliver *et al.* 1996; Basset *et al.* 2008))

CAPÍTULO I

Diversidad temporal y espacial de los Elatéridos (Coleóptera: Elateridae) de dosel del bosque de la cuenca amazónica occidental.

RESUMEN

El dosel de los bosques es uno de los hábitats con menos información sobre la fauna que allí se encuentra. En los últimos 30 años se han desarrollado técnicas de muestreo que han permitido extraer información en estos espacios. De los grupos faunísticos de los que se desconoce su información ecológica en este hábitat son los coleópteros, y particularmente sobre las familias, no existe información sobre su ecología. Elateridae es una de las familias más desconocidas en cuanto a aspectos de diversidad. En este trabajo se determinan las medidas de diversidad de esta familia en el dosel de los bosques de la cuenca amazónica occidental. Se utilizaron las variables de: riqueza (S), diversidad ($\exp(H')$), abundancia (N) y similitud, y se estudió como cambian estas variables espacial y temporalmente. Para obtener los datos, se utilizó la técnica de “fogging” o nebulización, que consiste en liberar un insecticida a través del dosel y luego se colecta lo que cae en unas sábanas colgadas de los árboles. Se realizaron dos eventos de muestreo, uno en el año 1994 y el otro en 1996, en cada año se realizó un muestreo en las tres épocas climáticas (meses) del año: seca, de transición y lluviosa. Para el análisis se utilizaron tres niveles: transectos, meses (épocas) y años.

Se obtuvieron alrededor de 94 morfoespecies y 1327 capturas, con un porcentaje de *singletons* del 39%. El ensamblaje de los elatéridos está compuesto en su mayoría por especies de poca abundancia y la estimación de la riqueza para la zona está alrededor de 150 spp. Se encontraron diferencias significativas entre los meses y años de muestreo para todas las variables ecológicas consideradas. Estas variables presentaron autocorrelación temporal positiva y significativa, pero la autocorrelación espacial no fue significativa. Para analizar los patrones de diversidad se utilizó una aproximación de partición multiplicativa. Esta aproximación reveló que existe un recambio alto entre los años y entre los meses de muestreo, pero en los transectos se obtuvo un recambio más bajo que el esperado, este recambio es mantenido entre las especies poco frecuentes, pero las especies comunes no varían su composición entre los niveles de muestreo considerados.

PALABRAS CLAVES: Coleópteros elatéricos, Autocorrelación espacial, Autocorrelación temporal, Partición de la diversidad.

INTRODUCCIÓN

El dosel de los bosques ha sido uno de los espacios ecológicos más pobremente estudiados y entendidos (Basset, 2001; Lowman & Wittman, 1996). En los últimos 30 años el desarrollo de las técnicas de acceso y de muestreo a este espacio han hecho posible el descubrimiento de su diversidad, sin embargo, lo que se ha encontrado es que este hábitat puede ser mucho más rico en especies de lo que podría ser otro hábitat en el planeta y se ha propuesto que alberga cerca de 30 millones de especies solo de artrópodos (Erwin & Scott 1980).

Los estudios sobre diversidad de dosel de invertebrados en general y de artrópodos en particular, se han realizado en su mayor parte en el neotrópico (Basset 2001), y cerca del 40% de esta información viene de lugares como Costa Rica y Panamá, pero el conocimiento de la cuenca del Amazonas es menor que el de estos países (Basset 2001). Dentro de estas áreas, los hábitats más estudiados han sido los bosques húmedos de tierra baja (Basset 2001), y en la cuenca amazónica los estudios se han enfocado en lugares y grupos taxonómicos como: Manaos, Brasil, con énfasis en Artropoda (Adis 1997; Adis et al. 1984; Erwin 1984) e Insecta (Malcom, 1997; Penny & Arias, 1982). Perú en: Ampiacu y Yobinetu, con énfasis en: Acridoidea (Amedegnato 1997); Pakitza, con énfasis en: Artropoda (Erwin 1989) y Formicidae (Tobin 1991); Tambopata, con énfasis en: Insecta (Erwin 1995), Formicidae (Wilson 1987) y Chrysomelidae (Erwin & Scott 1980). Ecuador en: Jatun Sacha, Lepidoptera- Nymphalidae (Devries et al. 1997).

De los artrópodos de dosel, se conoce que los Hymenoptera, Lepidoptera, Aranae y Coleóptera son los grupos con más riqueza conocida, siendo este último el más rico de todos (Erwin et al. 2005; Erwin & Scott, 1980) y dentro de este, las familias Staphylinidae, Curculionidae y Chrysomelidae, son las más ricas de todas las familias que componen este

orden (Basset, 2001). Los coleópteros tienen roles funcionales muy variados dentro de los ecosistemas; algunos cumplen roles de defoliadores (*e. g.* Chrysomelidae), predadores (*e. g.* Carabidae), xilófagos (*e. g.* Buprestidae) y detritívoros (*e. g.* Scarabaeidae); sin embargo existen familias que cumplen todos estos roles variados (*e. g.* Staphylinidae) (Gering et al. 2003).

Entender los mecanismos que estructuran la riqueza y diversidad de estos grupos es una tarea tanto compleja como apremiante, debido a la pérdida de diversidad que enfrentan muchos ecosistemas actualmente (Gering et al. 2003). Los intentos por explicar cómo se mantiene la diversidad tanto global (Gering et al. 2003), como localmente se han enfocado en relacionar esta diversidad con la escala espacial; sin embargo, la escala temporal puede jugar un papel muy importante a la hora de entender los patrones locales de diversidad (Devries et al. 1997).

Las medidas de diversidad han nacido como una necesidad para caracterizar este fenómeno emergente de las comunidades (Moreno & Rodríguez 2010), y las bases fundacionales para esta tarea fueron propuestas por Whittaker (1960, 1972). En estos trabajos este autor propone descomponer la diversidad regional en dos características la diversidad local y el recambio que hay entre ellas. La diversidad regional se conoce como diversidad gamma (γ), la local como alfa (α) y el recambio se conoce como beta (β).

Whittaker (1972) propuso que la relación existente entre la diversidad alfa y la diversidad beta componen la diversidad gamma, pero esta relación es de tipo multiplicativo ($\gamma = \alpha \cdot \beta$); de esta manera el recambio de especies sería medido por $\beta = \gamma/\alpha$. Recientemente se ha vuelto a utilizar en los trabajos de diversidad otra forma de calcular gamma, por medio de la aproximación aditiva propuesta por Lande (1996) (Veech et al. 2002). El modelo de partición aditiva calcula gamma así: $\gamma = \alpha + \beta$, sin embargo esta forma de calcular gamma no garantiza la independencia de alfa y beta (Baselga 2010; Jost 2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de datos. Riqueza y abundancia. Para estimar la riqueza total de los elatéridos de dosel, se utilizaron cuatro estimadores no-paramétricos ICE, Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2, a partir de los cuales se calculó un valor promedio. Para estudiar el comportamiento de la diversidad se utilizó el índice de entropía de Shannon realizando la transformación a sus números equivalentes sugerida por Jost (2006). Con esta transformación se construyó una gráfica de acumulación de diversidad a través de todo el muestreo. Con los datos de abundancia se construyó un gráfico de rango-abundancia, y se probó el ajuste a alguno de los tres modelos de abundancia relativa (log-normal, serie logarítmica, serie geométrica).

Riqueza, diversidad, abundancia y similitud temporal. Para estimar la riqueza y la abundancia en cada uno de los meses, se calcularon cuatro estimadores no-paramétricos ICE, Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2, a partir de los cuales se calculó un valor promedio. Se calculó la acumulación del índice de Shannon transformado a sus números equivalentes (Jost 2006) y la abundancia a través de todas las muestras con el programa Estimates 8.2 (Colwell 2011). A partir de estos calculos se construyeron gráficas para ver el comportamiento de los índices a través del tiempo y calcular la eficiencia del muestreo. Para calcular la similitud temporal y la diferencia en composición de especies entre los meses de muestreo, primero se calculó el índice de Bray-Curtis para cada par de meses, en total se obtuvieron seis parejas. Con este resultado se realizó un análisis de conglomerados con el método de ligamiento completo. Para evaluar si existen diferencias significativas entre la composición de especies de los meses de muestreo, se utilizó el análisis de similitud (ANOSIM).

Autocorrelación temporal y espacial. Para evaluar si existe independencia en los datos tanto espacial como temporalmente, se evaluó la autocorrelación en ambos casos. Para evaluar la autocorrelación temporal, se construyeron dos tipos de matrices, una con la separación temporal entre los eventos de muestreo, utilizando los meses como una unidad de medida; la segunda matriz se construyó con las variables ecológicas de: riqueza (S),

abundancia (N), diversidad ($\exp(H')$) y similitud. Para construir las matrices en la forma correcta sugerida por Legendre (1993), se hizo una resta entre las variables entre cada par de meses. Por ejemplo, para la riqueza, se tomó la riqueza del mes Junio de 1994 y la riqueza del mes de febrero de 1996, y se restaron entre sí, obteniendo un ΔS . Este resultado se puso en una matriz de diferencia de riqueza y se correlacionó con la matriz de separación temporal. Respecto a la diversidad y abundancia se realizó el mismo procedimiento y se obtuvo un $\Delta H'$ y ΔN , respectivamente. Para la variable similitud no fue necesario utilizar este procedimiento, ya que su cálculo resulta de hacer comparaciones pareadas y la matriz resultante es similar a la matriz de distancias.

Para evaluar la autocorrelación espacial se utilizó una matriz de distancia geográfica entre los transectos, y se realizó el mismo procedimiento utilizado para la autocorrelación temporal.

Patrones de riqueza y diversidad. Para determinar los patrones de diversidad dentro del área de estudio, se utilizó una aproximación multiplicativa de los componentes de diversidad ($\gamma = \alpha\beta$) (Whittaker 1960).

Se calcularon tres medidas de diversidad: riqueza de especies, diversidad de Shannon y diversidad de Simpson. Son parte de lo que Jost (2007) llama las verdaderas diversidades qD , o diversidad de orden q, lo que obedece al principio de replicación (Jost 2007; Tuomisto 2010).

El orden $q = 0$ representa la riqueza de especies, el orden $q = 1$ representa la diversidad de Shannon (no la entropía) (Jost 2007) y la $q = 2$ representa la diversidad de Simpson.

La diversidad 0D , no es sensible a la frecuencia de los individuos y da un peso desproporcionado a las especies raras; la diversidad 1D , le da peso a cada especie de acuerdo a su frecuencia en la comunidad, sin favorecer las especies raras o abundantes y la diversidad 2D , le da peso a las especies más comunes en la comunidad (Rös et al. 2012).

Para el cálculo de los componentes de diversidad (α , β y γ), se utilizó la formula (Whittaker 1972):

$${}^qD_\gamma = {}^qD_\alpha \cdot {}^qD_\beta$$

El cálculo de los componentes de diversidad de orden $q = 0$, se hizo mediante la fórmula:

$${}^0D_\gamma = S_{\text{total}}$$

Para el cálculo de 0D del alfa promedio (α), se utilizó la fórmula:

$${}^0D_\alpha = (1/N) (S_1 + S_2 + \dots + S_j)$$

donde S_j es el número de especies por unidad muestral y N es el número de unidades muestrales.

La diversidad ${}^0D_\beta$ es el recambio de especies entre las muestras, y se calcula mediante la fórmula:

$${}^0D_\beta = {}^0D_\gamma / {}^0D_\alpha$$

El cálculo de los componentes de diversidad de orden $q = 1$, se hizo mediante la fórmula:

$${}^1D_\gamma = \exp [\sum_{n=1}^S (p_i \ln p_i)]$$

Para el cálculo del 1D del alfa promedio (α), se utilizó la fórmula:

$${}^1D_\alpha = \exp [1/N (\sum_{n=1}^S (p_i \ln p_i) + \sum_{n=1}^S (p_i \ln p_i) \dots)]$$

La diversidad ${}^1D_\beta$ es igual a:

$${}^1D_\beta = {}^1D_\gamma / {}^1D_\alpha$$

El cálculo de los componentes de diversidad de orden $q = 2$, se hizo mediante la fórmula:

$${}^2D_\gamma = 1 / \sum_{n=1}^S p_i^2$$

Para el cálculo del 2D del alfa promedio (α), se utilizó la fórmula:

$$^2D_{\alpha} = 1/N[1/\sum_{n=1}^S p_{i1}^2 + 1/\sum_{n=1}^S p_{i2}^2 \dots]$$

La diversidad $^2D_{\beta}$ es igual a:

$$^2D_{\beta} = ^2D_{\gamma} / ^2D_{\alpha}$$

Para efectuar un análisis de los patrones espaciales y temporales de la diversidad, la aproximación multiplicativa explicada anteriormente, se particionó en diferentes niveles jerárquicos anidados: Transectos, Meses de colecta y Años de colecta. En el primer nivel, se hizo el análisis espacial y en los dos últimos se hizo el análisis temporal (Crist et al. 2003; Gering et al. 2003a; Jost 2007; Jost et al. 2010; Lande, 1996).

En la estructura jerárquica anidada del modelo multiplicativo, el valor del alfa de nivel superior está compuesto por la multiplicación del alfa y el beta del nivel inferior de la siguiente manera:

$$^qD(1+n)_{\gamma} = ^qD(n)_{\alpha} \ ^qD(n)_{\beta}$$

donde n es un nivel dado en la jerarquía; por ejemplo en este caso, el alfa del nivel de los transectos estaría compuesto por la multiplicación del alfa de las muestras y el beta de las muestras así:

$$^qD(\text{transectos})_{\gamma} = ^qD(\text{muestras})_{\alpha} \ ^qD(\text{muestras})_{\beta}$$

El modelo para la diversidad total del estudio sería:

$$^qD(\text{total})_{\gamma} = [[^qD(\text{transectos})_{\alpha} \ ^qD(\text{transectos})_{\beta}] \ ^qD(\text{meses})_{\beta}] \ ^qD(\text{años})_{\beta}]$$

Para la comparación entre tipos de épocas climáticas, se utilizaron dos aproximaciones: Primero se agruparon los meses de muestreo de la misma época climática (e. g. Época húmeda de 1994 + época húmeda de 1996 = época húmeda) y se compararon entre estos conjuntos (e. g. época húmeda vs época seca).

$$^qD(\text{entre épocas})_{\gamma} = (^qD(\text{época húmeda})_{\alpha} + ^qD(\text{época seca})_{\alpha})/2 \ ^qD(\text{entre épocas})_{\beta}$$

Segundo se compararon entre el mismo tipo de época de diferentes años de muestreo (e. g. época húmeda 1994 vs época húmeda 1996).

$${}^qD(\text{entre épocas})_\gamma = ({}^qD(\text{época húmeda 1994})_\alpha + {}^qD(\text{época húmeda 1996})_\alpha)/2 \quad {}^qD(\text{entre épocas})_\beta$$

RESULTADOS

Riqueza y abundancia. - Se obtuvo un total de 94 morfoespecies y 1327 capturas. El porcentaje de *singletons* fue de 38,2% y de *doubletons* fue del 9,5%. El modelo de abundancia relativa al que mejor se ajustó el ensamblaje es la serie Log-Normal, aunque el ajuste fue muy bajo (Media= 0.032, $\sigma^2 = 0.87$, $\chi^2 = 2.64$, $P = 0.05$) (Figura 1.1). Las cuatro especies más abundantes que se pueden observar en la parte superior de la figura 1.1, son: *Esthesopus* sp1, *Conoderus* sp1, *Triplonychus* sp1 y *Pomachilius* sp (Anexo 1). La diferencia de abundancia entre la primera especie más abundante y la quinta especie más abundante es de aproximadamente el doble (181 y 90 individuos c/u). Estas cuatro especies aportan el 47% de la abundancia total de todo el ensamblaje de Elatéridos en esta zona.

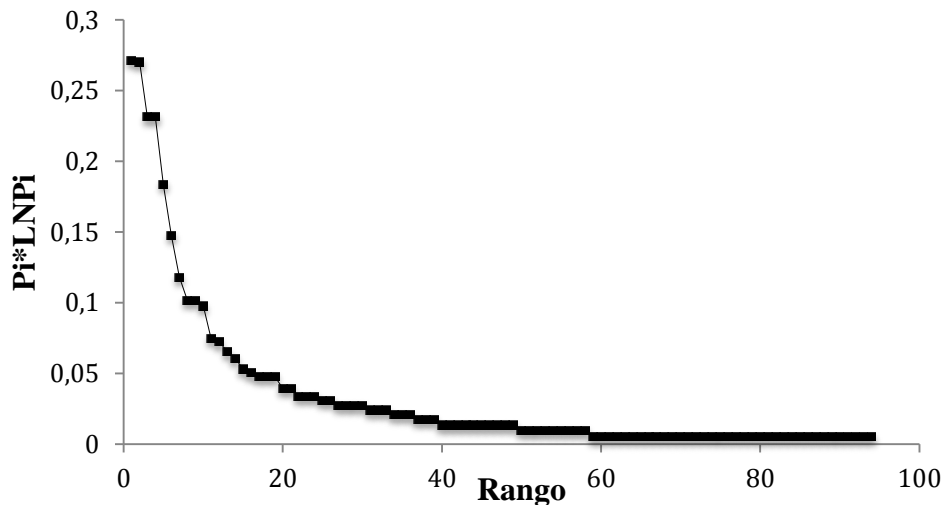


Figura 1. 1. Curva de rango-abundancia de las especies de Elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare.

La estimación promedio de la riqueza para toda la zona fue de 150 especies y la eficiencia promedio del muestreo fue de 62%. Las curvas de acumulación no muestran evidencia de alcanzar una asíntota (Figura 1.2), sugiriendo que no se muestreó el total de la riqueza de especies a pesar de la extensión temporal y espacial del muestreo.

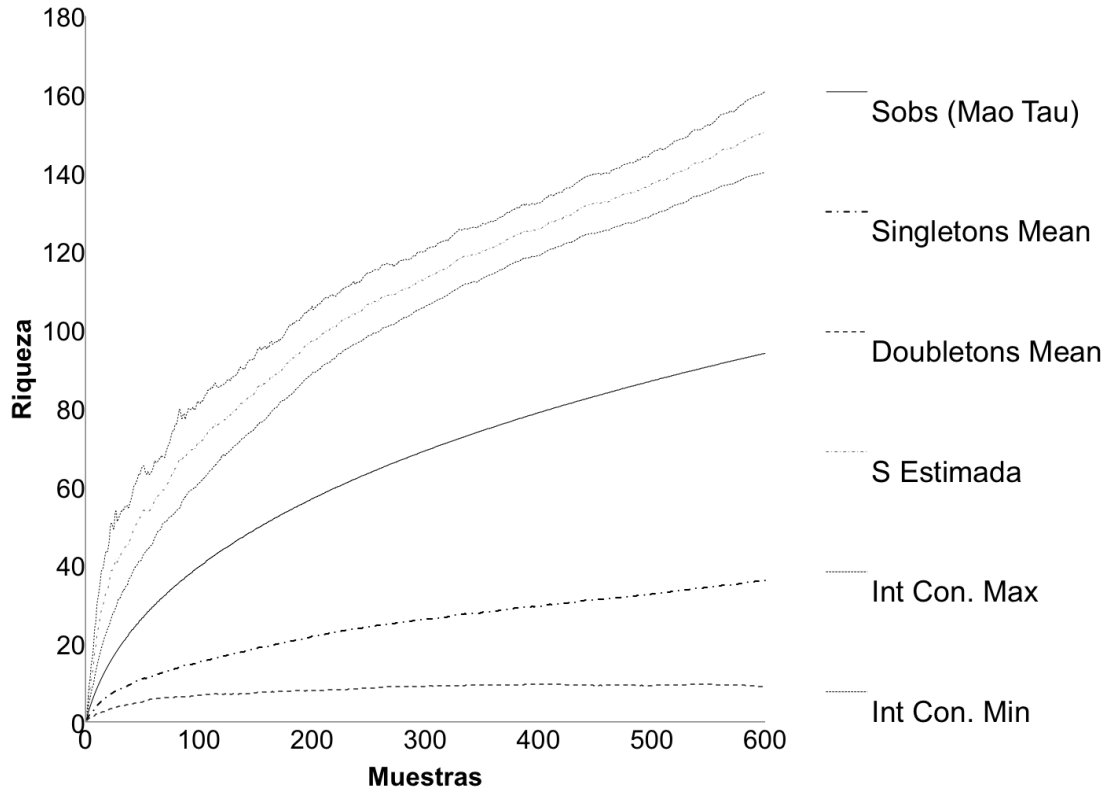


Figura 1. 2. Curvas de acumulación de especies de elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare.

La curva de acumulación de la diversidad muestra una tendencia asíntótica clara (Figura 1.3), lo que indica que se alcanzó a obtener una buena porción de la diversidad del ensamble total.

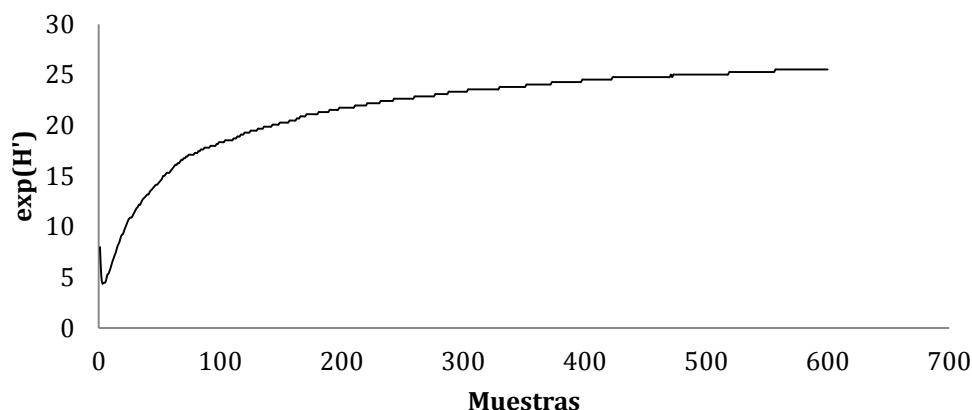


Figura 1. 3. Curva de acumulación de la diversidad ($\exp(H')$) de los elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare.

Riqueza, diversidad, abundancia y similitud temporal. - Las variables ecológicas del ensamblaje mostraron marcadas diferencias entre los dos años. Los primeros meses del año, que pertenecen al período seco, mostraron un menor valor que en el período de lluvias, en ambos años. El período entre temporadas, presentó valores más cercanos al período seco que al período con lluvias, sin embargo en el año 1996, este valor fue más bajo (Tabla 1.1).

Tabla 1. 1. Variables ecológicas del ensamblaje de Elatéridos de dosel de la cuenca amazónica occidental, para cada época climática de los años de muestreo.

	1994			1996		
	Enero (Seca)	Junio (Transición)	Octubre (Lluviosa)	Febrero (Seca)	Junio (Transición)	Septiembre (Lluviosa)
Riqueza	8	8	15	48	28	67
Abundancia	24	24	30	434	252	564
Shannon	4.05	7.02	11.13	15.33	13.46	21.11
S Est	30	16	38	99	42	105
IC 95% Superior	43.21	18.48	45.05	142.91	44.96	112.69
IC 95% Inferior	18.45	13.49	29.33	53.47	38.40	97.93
Eficiencia	26	50	34	48	67	67

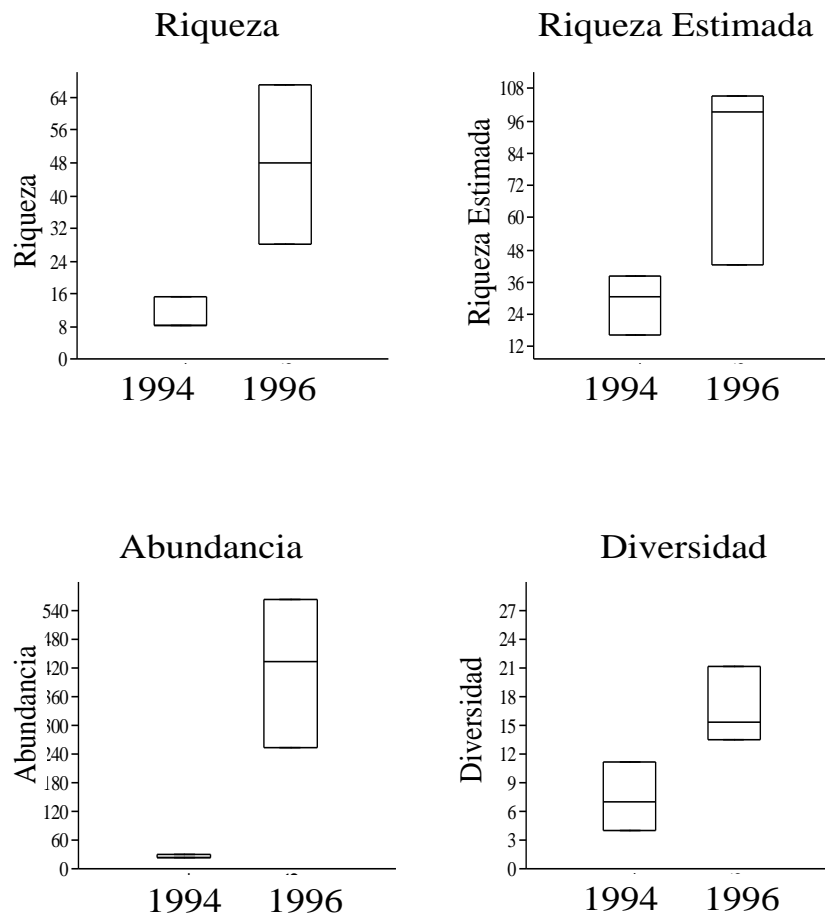


Figura 1.4. Diagramas de caja mostrando las variables ecológicas del ensamblaje de coleópteros Elatéridos entre los años 1994 y 1996.

La distribución de las abundancias entre los meses también fue muy distinta; en los meses muestreados en el primer año, se nota una tendencia a la dominancia de pocas especies, mientras que en los meses muestreados en el segundo año, la tendencia es un número mayor de especies dominantes, y esto se puede notar en las curvas de rango-abundancia (Figura 1.5).

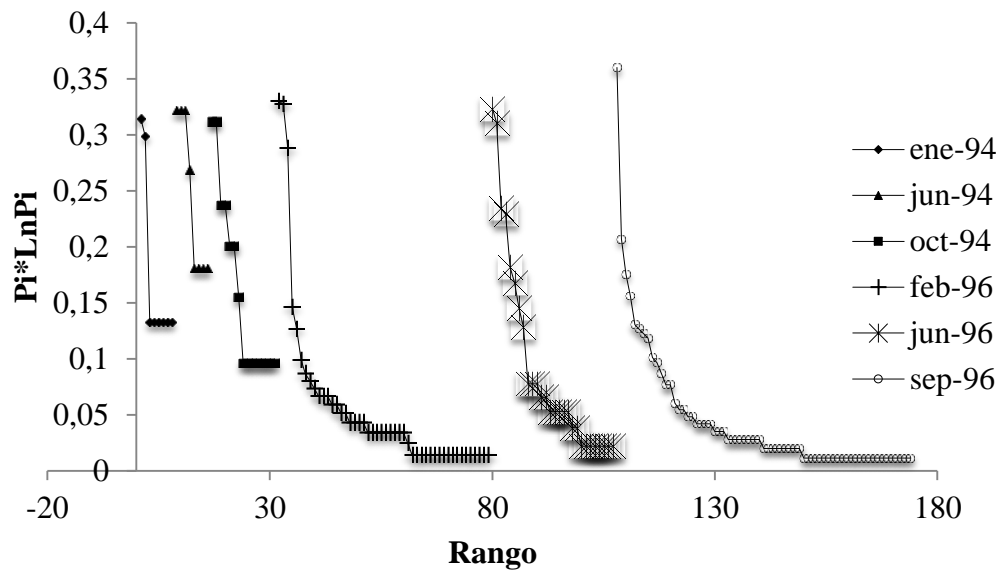


Figura 1.5. Curvas de rango-abundancia discriminadas por meses de muestreo.

Se encontraron diferencias significativas en la composición entre todos los meses de muestreo (ANOSIM: $R = 0.24$, $P > 0.05$), exceptuando los meses de julio del 94 y octubre del 94 (ANOSIM: $R = 0.18$, $P < 0.05$).

En el mes de enero de 1994, la especie más dominante fue *Triplonychus* sp1., mientras que en junio y octubre las especies dominantes fueron: *Agriotes* sp1. y *Deromecus* sp. respectivamente. En el primer mes del año 1996, la especie dominante coincide con la especie dominante del año 1994, *Triplonychus* sp1. y en los siguientes dos meses las especies dominantes fueron *Conoderus* sp1. para junio y *Esthesopus* sp1. para septiembre.

La clasificación por similitud de los meses de muestreo según el análisis de conglomerados, muestra una separación en dos grupos, que representan los dos años de muestreo. Sin embargo, los valores de similitud entre los meses no son muy altos.

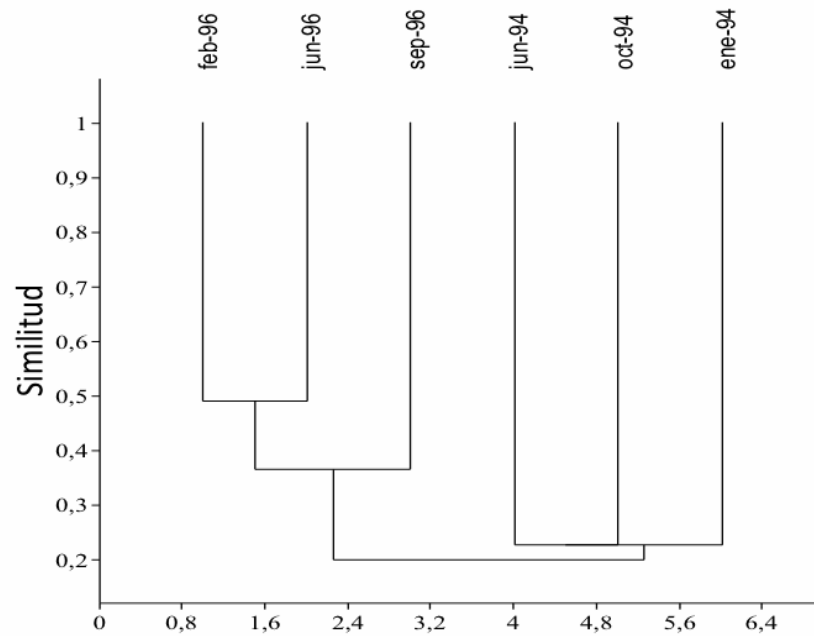


Figura 1. 6. Análisis de conglomerados basados en la similitud utilizando en método de ligamiento completo con el índice de Bray-Curtis, para los meses de muestreo de los años 1994 y 1996 de los elatéridos de dosel de la estación Onkone-Gare.

Ninguna de las estimaciones de la riqueza de los meses de muestreo, presentó una tendencia asintótica en las gráficas, por el contrario, se puede observar que la diferencia entre lo colectado y lo estimado es amplia (Figuras 1.7 y 1.8).

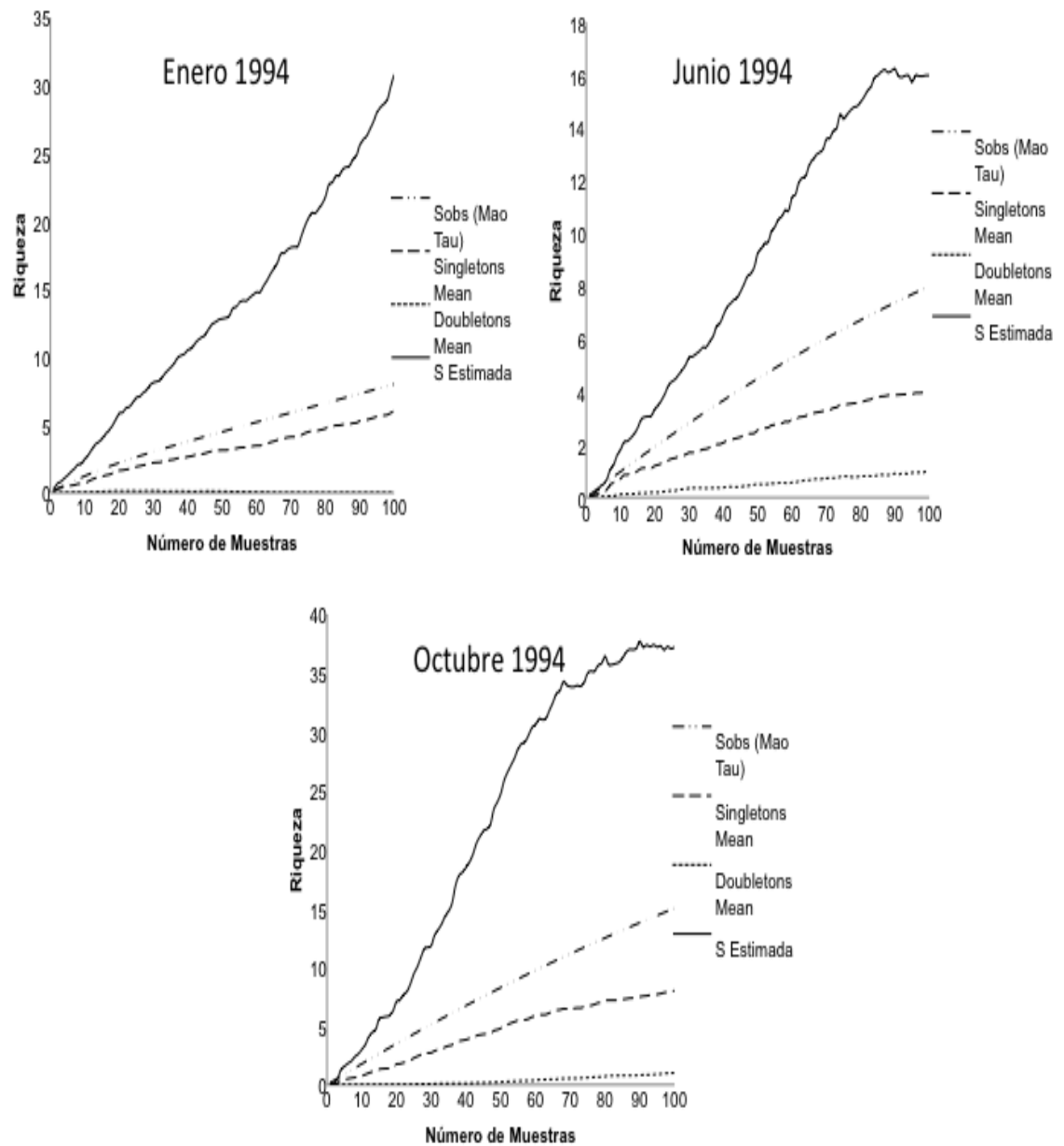


Figura 1. 7. Curvas de acumulación de especies de los eláteridos dosel de la reserva Onkone-Gare, para los tres meses de muestreo del año 1994: Enero, Junio y Octubre.

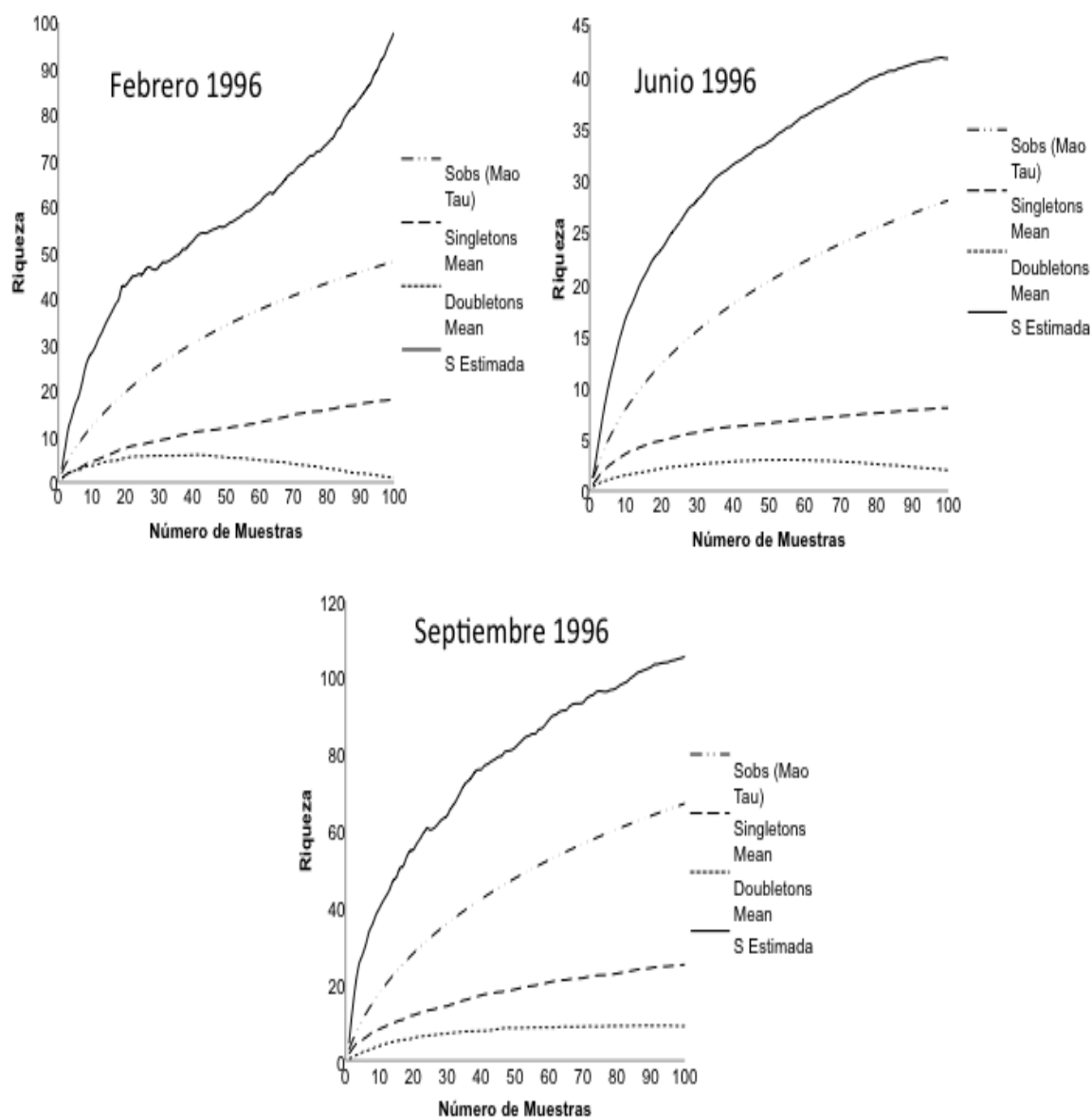


Figura 1. 8. Curvas de acumulación de especies de los elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare, para los tres meses de muestreo del año 1996: Febrero, Junio y Septiembre.

En cuanto a la diversidad, en la figura 1.9, se puede observar que esta es mayor en los tres muestreos del año 1996 que en los tres muestreos del año 1994, donde este último año no presenta tendencias asintóticas en ninguna de las gráficas (Figura 1.9).

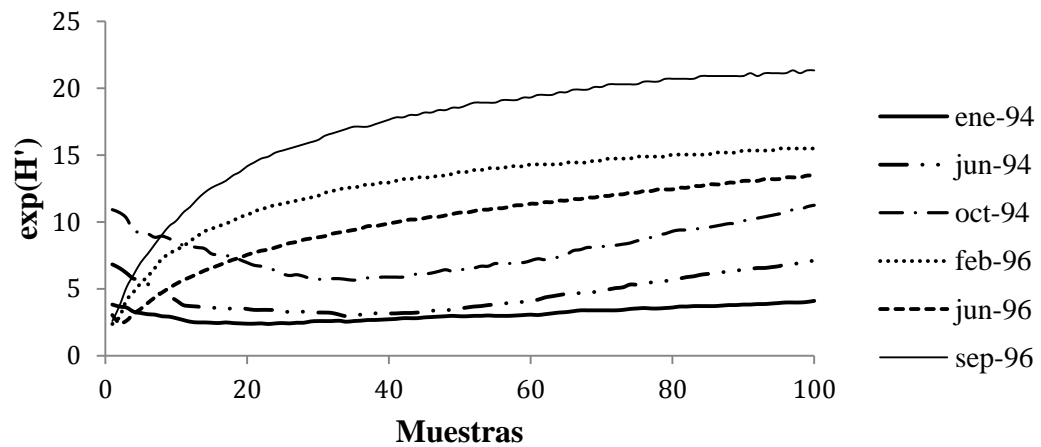


Figura 1. 9. Curvas de acumulación del índice transformado de Shannon ($\exp(H')$) de los elatéridos de dosel de la reserva Onkone-Gare, para los 6 eventos de muestreo entre los años 1994 y 1996.

Autocorrelación temporal y espacial. - La evaluación del fenómeno de autocorrelación para evaluar la ausencia del azar en los dos niveles de muestreo, transectos y meses, muestra que este fenómeno no está presente en el nivel de muestreo pero si está presente en el nivel de los meses. En otras palabras, existe correlación temporal para todas las variables estudiadas, pero no hay autocorrelación espacial (Tabla 1.2).

Tabla 1. 2. Valores de las pruebas de Mantel de las variables ecológicas en relación con las distancias geográficas y temporales

Tipo de autocorrelación	Variable	R	p-valor
Espacial	Riqueza	0,091	0,248
	Abundancia	-0,057	0,385
	Diversidad	0,246	0,067
	Similitud	-0,130	0,238
Temporal	Riqueza	0,581	0,045
	Abundancia	0,671	0,040
	Diversidad	0,754	0,003
	Similitud	0,839	0,008

Patrones de riqueza y diversidad temporales y espaciales. - Se observó una mayor contribución a la diversidad total por parte de la diversidad alfa que la diversidad beta en todas las escalas evaluadas, además se observa la mayor contribución al recambio de especies se observa a nivel de transectos para todos los niveles q . (Tabla 1.3).

Tabla 1. 3. Partición multiplicativa espacial y temporal de la diversidad de elatéridos de dosel de la estación Onkone-Gare (0D , es igual a la riqueza de especies, 1D es igual a la diversidad de Shannon y 2D es igual a la diversidad de Simpson).

qD		Años	Meses	Transectos
0D	${}^0D_\alpha$	56.5	29.0	9.0
	${}^0D_\beta$	1.7	2.0	3.2
1D	${}^1D_\alpha$	18.6	10.6	4.5
	${}^1D_\beta$	1.2	1.8	2.3
2D	${}^2D_\alpha$	11.5	6.1	2.5
	${}^2D_\beta$	1.1	1.9	2.1

En la figura 1.10 se puede apreciar que el mayor aporte a la riqueza total lo hace el alfa de los años. El recambio más alto se observó entre los transectos para todos los niveles de q .

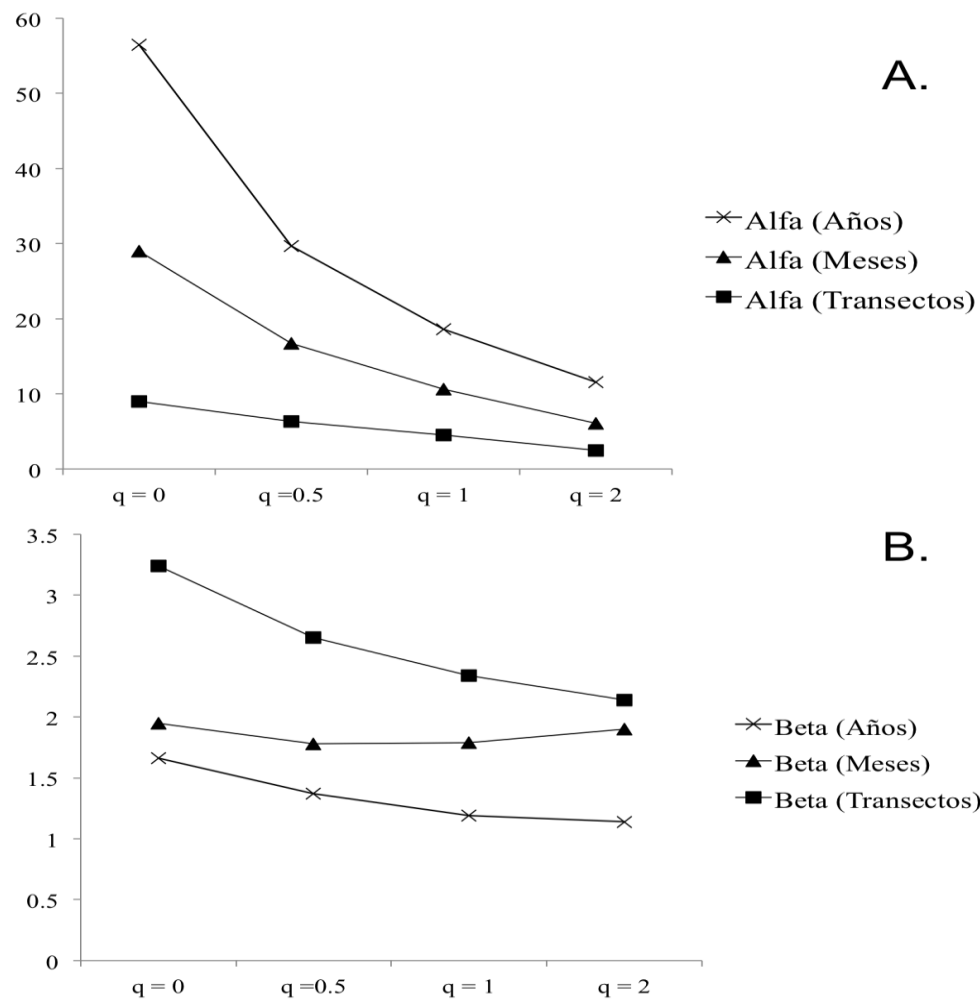


Figura 1. 10. Gráficos de los valores de q de la diversidad alfa (A) y beta (B), para los niveles de jerárquicos de la partición multiplicativa de la diversidad de elatéridos de dosel de la estación Onkone-Gare.

En cuanto a las épocas climáticas, el mayor recambio se halló entre los mismos tipos de épocas, pero de diferente año (e.g. entre húmedas etc.) donde el recambio presenta la misma magnitud como si se tratara de dos comunidades diferentes. Las magnitudes de las demás comparaciones no presentan esta tendencia (Tabla 1.4).

Tabla 1. 4. Recambio de especies entre las épocas húmeda, seca y de transición y el recambio medido entre cada tipo de épocas climáticas.

	Húmeda vs Transición	Húmeda vs Seca	Transición vs Seca
⁰ D	1.5	1.5	1.4
¹ D	1.4	1.3	1.2
² D	1.5	1.5	1.2
	Entre húmedas	Entre transición	Entre secas
⁰ D	1.7	1.7	1.7
¹ D	1.3	1.3	1.2
² D	1.3	1.3	1.2

DISCUSIÓN

En este trabajo se registra por primera vez la distribución de abundancias de un ensamblaje de Elatéridos de dosel y se tiene que las especies registradas como las más abundantes: *Esthesopus* sp1, *Conoderus* sp1, *Triplonychus* sp1 y *Pomachilius* sp; aportan casi el 47% de la abundancia total de los elatéridos en estos datos. Los resultados muestran que el ensamblaje de los coleópteros elatéridos poseen una gran porción de especies raras (c. a. 50% *singletons* + *doubletons*), lo que trae como consecuencia que sea muy difícil obtener una muestra total de la diversidad del ensamblaje. Este comportamiento de las abundancias de las especies se ha observado en otros grupos de coleóptera (Lucky et al. 2002; Gering et al. 2003; Erwin & Geraci 2009), donde el porcentaje de especies raras también es alto.

El ajuste al modelo de distribución de abundancia Log-normal, muestra que el ensamblaje de los coleópteros Elatéridos de dosel de la cuenca amazónica occidental, es abundante y con una alta riqueza de especies raras, lo que concuerda con otros estudios en otros grupos de artrópodos (Longino et al. 2002; Gering et al. 2003; Erwin & Geraci 2009); según Magurran (2004), la presencia de esta distribución en la mayoría de ensamblajes es canónica, y la explicación de esta presencia se atribuye mas a propiedades estadísticas, como el teorema del límite central (Magurran, 2004). Sin embargo, algunos autores explican la presencia de esta distribución de abundancias como resultado de una partición del nicho espacial y no como un artefacto de la estadística (Magurran, 2004). Una división del nicho ocurre cada vez que una nueva especie entra al ensamblaje y compite por los mismos recursos (Magurran 1988, 2004), de esta manera la porción restante es subdividida

y se va haciendo más pequeña, lo que no permite que las especies nuevas crezcan en número.

La estimación de la riqueza total y la falta de acercamiento a la asíntota de la curva de acumulación de especies, refuerza lo encontrado en la distribución de las abundancias. Comparada con otras familias de coleóptera, como Carabidae (Lucky et al., 2002) donde la estimación de la riqueza fue de alrededor de 400 sp., Elateridae es una familia relativamente pobre en este hábitat y en esta área en particular. Sin embargo en estudios que se han elaborado en el dosel, en zonas templadas, se ha encontrado lo contrario, que la familia Elateridae es más rica que la familia Carabidae bajo las mismas condiciones de muestreo (Gering et al. 2003); pero para ambas familias, la riqueza es mucho más alta en las zonas tropicales, como era de esperarse.

En general, las variables ecológicas del ensamblaje mostraron marcadas diferencias entre los eventos de muestreos anuales y mensuales. Por ejemplo entre años la diferencia entre las variables es del doble en magnitud. Lo anterior contradice lo encontrado por Lucky et al. (2002) para la familia Carabidae, donde se encontró que la variación de la riqueza no es tan marcada, y contrario a la opinión de estos autores, para la familia Elateridae, sí se cumple lo propuesto por Wolda (1984) (en Lucky et al. 2002), que la variación temporal es más una regla que una excepción en las comunidades animales tropicales. Lo anterior se puede notar específicamente en la distribución de abundancias, donde los meses que pertenecen al año 1994 se aprecia una alta dominancia de unas pocas especies y una alta distribución de *singletons*; esto comparado con el año 1996, donde la distribución de abundancias por los meses de muestreo presentan una dominancia alta de algunas especies, una porción de la distribución con especies de abundancia media y una proporción considerable de *singletons*. Esto contradice, de nuevo, lo encontrado por Lucky et al. (2002) para Carabidae, donde no se encontraron variaciones en la presencia de los *singletons* entre las temporadas. Para Elateridae la época lluviosa presenta más *singletons* que las otras épocas y esto es para ambos años.

En general la época lluviosa, sin diferenciar los años, es donde todas las variables del ensamblaje presentan la mayor magnitud; pero en el año 1996 las variables del ensamblaje se disparan y presentan los valores más altos. Esto puede deberse a las condiciones climáticas descritas por el índice SOI, según este índice el año 1996 presentó un marcado periodo de lluvias denominado “La Niña” o ENOS frío. La variación también se puede observar en la composición de las especies, por ejemplo, la especie *Triplonychus* sp1. es la más abundante en la época seca pero en las época de transición y lluviosa es de las menos abundantes, esta especie parece cumplir un ciclo de variación donde su pico máximo de abundancia coincide con esta época solamente; otras especies que fueron dominantes en una época en otra parecen escasear, como por ejemplo, *Anchastomorphus* sp2. ó *Glyphonyx* sp. La similitud en la composición de especies entre los meses es en general baja, la más alta se encontró entre los dos primeros meses del año 1994; pero el análisis de conglomerados muestra que la similitud está estructurada temporalmente, y claramente los meses forman dos grupos que son los años de muestreo.

Las variables del ensamblaje estudiadas aquí presentaron más una estructura autocorrelacionada temporal que espacial. Hasta el momento, este es el primer trabajo en Coleóptera que evalúa la presencia de estructuras autocorrelacionadas temporalmente en las variables de diversidad, sin embargo otros trabajos han evaluado estructuras correlacionadas pero solo espacialmente (Lucky et al. 2002 (Carabidae); Bermúdez-Rivas 2011 (Staphylinidae)), y han encontrado que casi todas las variables aquí tratadas son explicadas por este fenómeno (Bermúdez-Rivas, 2011).

Tanto la riqueza, abundancia, diversidad y similitud, presentaron autocorrelación temporal positiva para los meses, esto significa que la magnitud del valor de un mes, está influenciado por la magnitud del otro mes más cercano; pero para la distribución espacial, los valores que hay entre los transectos son independientes de la posición geográfica.

Esto es importante, porque significa que muy probablemente la influencia climática no sea la única razón que explique la distribución de las variables del ensamblaje. Por ejemplo, los meses que presentaron mayor riqueza pertenecen todos al mismo año de muestreo y las magnitudes de las variables presentan el mismo patrón, donde las épocas de transición

tienen menores magnitudes que el verano y este a su vez es menor que el invierno. Es probable que los recursos alimenticios de las especies de Elatéridos, tengan un comportamiento temporalmente explícito y esto puede deberse a la fenología de las plantas a las que esta familia usa, por ejemplo, algunos de estos géneros tienen una dieta variada pero sobre todo explotan recursos vegetales, son folívoros o xilógrafos, recursos que aparecen en el tiempo y se mantienen por periodos solamente. El comportamiento de estas variables temporales autocorrelacionadas tendrían comportamientos muy parecidos a las variables espacialmente autocorrelacionadas (Sokal & Oden, 1978).

Los análisis temporales y espaciales de la riqueza y la diversidad, revelan diferentes situaciones, con respecto a estas dos escalas. Con respecto a la distribución espacial, el alfa promedio de la riqueza (0D), es cerca de dos veces la magnitud de la diversidad de Shannon (1D), esto significa que hay una diferencia de cuatro especies en promedio, que son poco frecuentes en todos los transectos y cuatro especies que son moderadamente frecuentes (Tabla 1.3). Los números equivalentes de Simpson (2D), indican que las especies más frecuentes que dominan los transectos son cerca de tres especies.

El valor del recambio de especies (D_β) de los transectos, disminuye a medida que el valor de q aumenta (Figura 1.10 B), lo que indica que las especies raras son las que mantienen la diferencia entre estos transectos (Jost, 2006); sin embargo el valor encontrado de ${}^0D_\beta$ indica que el grado de diferenciación entre los transectos es menor que el número de transectos evaluados (10 transectos), en otras palabras es como si realmente se tuviera tres comunidades (Whittaker, 1972). En la variación temporal de la riqueza (${}^0D_\alpha$), a nivel de los meses, se observó que casi dos terceras partes de las especies promedio por mes son raras comparadas con las especies comunes que arrojan el cálculo del índice de Shannon (${}^1D_\alpha$). Esta tendencia también se observa a nivel de los años (Figura 1.10 A).

En cuanto a la diversidad beta, la magnitud de los meses representa un recambio de especies como si se tratara de dos comunidades, lo mismo ocurre con el recambio para el nivel de los años (Tabla 1.3). En ambos niveles temporales el valor de la magnitud de la diversidad beta (D_β), disminuye a medida que el valor de q aumenta, esto quiere decir que

las especies raras son las que más aportan a mantener este recambio, pero esto se ve más reflejado en el nivel de los años que en el de los meses (Jost et al. 2010).

En cuanto a las épocas climáticas, el recambio de la riqueza que existe entre la época húmeda y la época seca y la época húmeda y de transición, refleja el recambio entre dos comunidades (Whittaker, 1972); pero el recambio que existe entre la época de transición y la seca no refleja una diferenciación en especies (Tabla 1.4).

Entre todos los tipos de épocas climáticas existe un recambio que refleja una diferenciación de especies entre dos comunidades (Whittaker, 1972), esto quiere decir que existen diferencias entre las épocas húmeda, seca y de transición del primer año de muestreo y las épocas húmeda, seca y de transición del segundo año de muestreo.

CONCLUSIONES

- El ensamblaje de los Elatéridos de dosel de la cuenca amazónica occidental esta compuesto ampliamente por especies raras, las cuales determinan el comportamiento de la curva de rango-abundancia
- El ensamblaje los Elatéridos de dosel de la cuenca amazónica occidental es mucho más rico en especies de lo que se pudo colectar en este trabajo, debido a que la estimación de la riqueza sobrepasa por más del 30% lo colectado en este trabajo.
- La autocorrelación espacial no explica la distribución de las variables ecológicas del ensamblaje en la zona de muestreo. La distribución de estas variables en el espacio es azarosa y no estructurada espacialmente.
- Las variables ecológicas del ensamblaje presentan una estructura temporal autocorrelacionada positivamente, lo cual explica los cambios temporales de las variables ecológicas, sin embargo, en este estudio no referenció variables abióticas que pudieran explicar este tipo de estructura en temporalmente explicita.

- Según el modelo de partición de la diversidad, las especies más raras o poco frecuentes, son las que determinan los patrones de diversidad y el recambio espacial y temporal.
- Las épocas climáticas que se establecieron *a priori* en este estudio, son reconocidas solo por las especies raras, para las especies comunes o frecuentes, esta separación temporal climática no es real.

LITERATURA CITADA

Adis, J. (1997). Terrestrial invertebrates: survival strategies, group spectrum, dominance and activity patterns. In W. j: Junk (Ed.), *The central amazonian floodplain: Ecological studies* (pp. 299–318). Springer Verlag.

Adis, J, Lubin, YD, & Montgomery GG (1984). Arthropods from the canopy of inundated and terra firme forests near Manaus, Brazil, with critical considerations on the pyrethrum-fogging technique•. *Studies on neotropical fauna and environment*, 19(4), 223–236. Taylor & Francis.

Amedegnato, C. (1997). Diversity of an Amazonian canopy grasshopper community in relation with resource partitioning and phylogeny. In N. E. Stork, J. Adis, & R. K. Didham (Eds.), *Canopy Arthropods* (pp. 224–236). Chapman and Hall.

Baselga, A. (2010). Multiplicative partition of true diversity yields independent alpha and beta components; additive partition does not. *Ecology*, 91(7), 1974–81.

Basset, Y. (2001). Invertebrates in the Canopy of Tropical Rain Forests How Much Do We Really Know ? *Plant Ecology*, 153(1), 87–107.

Bermúdez-Rivas, C. (2011). Artrópodos de hojarasca en la región del bosque seco tropical del valle del río Cauca: patrones de diversidad y congruencia entre taxa (hormigas, queliceriformes y coleópteros estafilínidos). Tesis de Maestría. Universidad del Valle. Cali – Colombia.

Colwell, R. (2011). EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2.

Crist, TO, Veech JA, Gering JC, & Summerville, KS. (2003). Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of alpha, beta, and gamma diversity. *The American naturalist*, 162(6), 734–43. doi:10.1086/378901

Devries, PJ, Murray D, & Lande R. (1997). Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest.

Biological Journal of the Linnean Society, 62(3), 343-364. doi:10.1111/j.1095-8312.1997.tb01630.x

Erwin TL. (1984). Beetles and other insects of tropical forest canopies at Manaus, Brazil, sampled by insecticidal fogging. *British Ecological Society Journal*, (2).

Erwin TL. (1989). Canopy arthropod biodiversity: a chronology of sampling techniques and results. *Revista Peruana de Entomologia*.

Erwin TL. (1995). Measuring arthropod biodiversity in the tropical forest canopy. In M. Lowman & N. Nadkarni (Eds.), *Forest canopies* (pp. 109-127). Academic Press San Diego, California, USA.

Erwin TL, & Geraci, CJ (2009). Amazonian rainforest and their richness of coleoptera , a dominant life form in the critical zone of the neotropics. *Insect Biodiversity*, 49–67. Wiley Online Library.

Erwin, TL, Pimienta MC, Murillo OE., & Aschero V. (2005). Mapping Patterns of Diversity for Beetles Across the Western Amazon Basin: A Preliminary Case for Improving Inventory Methods and Conservation Strategies Mapping Patterns of β Diversity for Beetles Across the Western Amazon Basin : A Preliminary Case, 5 (June).

Erwin TL, & Scott JC. (1980). Seasonal and size patterns, trophic structure and richness of Coleoptera in the tropical arboreal ecosystem: the fauna of the tree *Luehea seemannii* Triana and Planch in the canal zone of Panamá. *The Coleopterists Bulletin*, (34), 305-322.

Erwin T, & Scott J. (1980). Seasonal and size patterns, trophic structure, and richness of Coleoptera in the tropical arboreal ecosystem: the fauna of the tree *Luehea seemannii* Triana and Planch in the Canal Zone. *The Coleopterists' Bulletin*, 34(3), 305-322.

Gering JC, Crist TO, & Veech JA. (2003a). Additive Partitioning of Species Diversity across Multiple Spatial Scales: Implications for Regional Conservation of Biodiversity. *Conservation Biology*, 17(2), 488-499. doi:10.1046/j.1523-1739.2003.01465.x

Jost L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375. doi:10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x

Jost L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88(10), 2427–2439. Eco Soc America.

Jost L, DeVries P, Walla TR, Greeney H, Chao A, & Ricotta C. (2010). Partitioning diversity for conservation analyses. *Diversity and Distributions*, 16(1), 65-76. doi:10.1111/j.1472-4642.2009.00626.x

Lande, R. (1996). Statistics and Partitioning of Species Diversity, and Similarity among Multiple Communities. *Oikos*, 76(1), 5-13.

Legendre, P. (1993). Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm? *Ecology*, 74(6), 1659. doi:10.2307/1939924

Longino JT, Coddington J, & Colwell RK. (2002). The ant fauna of a tropical rain forest: Estimating species richness three different ways. *Ecology*, 83(3), 689-702. Ecological Society of America. doi:10.1890/0012-9658(2002)083 [0689:TAFOAT] 2.0.CO;2

Lowman MD, & Wittman PK. (1996). Forest Canopies: Methods , Hypotheses , and Future Directions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27(1996), 55–81. JSTOR.

Lucky A, Erwin TL, & Witman JD. (2002). Temporal and Spatial Diversity and Distribution Carabidae (Coleoptera) in a Western Amazonian Rain Forest. *Biotropica*, 34(3), 376–386. Wiley Online Library.

Magurran AE. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement* (p. 179). Princenton, New Jersey: Princeton University Press.

Magurran AE. (2004). *Measuring Biological Diversity* (p. 256). Oxford, UK.: Blackwell Publishing.

Malcom JR. (1997). Insect biomass in Amazonian forest fragments. In N. E. Stork, J. Adis, & R. K. Didham (Eds.), *Canopy Arthropods* (pp. 510-533). London, UK: Chapman and Hall.

Moreno CE, & Rodríguez P. (2010). A consistent terminology for quantifying species diversity? *Oecologia*. doi:10.1007/s00442-010-1591-7

Penny ND, & Arias JR. (1982). *Insects of an Amazon forest*. New york: Columbia University Press.

Rös M, Escobar F, & Halffter G. (2012). How dung beetles respond to a human-modified variegated landscape in Mexican cloud forest: a study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. *Diversity and Distributions*, 18(4), 377-389. doi:10.1111/j.1472-4642.2011.00834.x

Sokal RR, & Oden NL. (1978). Spatial autocorrelation in biology 2. Some biological implications and four applications of evolutionary and ecological interest. *Biological Journal of the Linnean Society*, 10(2), 229-249. doi:10.1111/j.1095-8312.1978.tb00014.x

Tobin J. (1991). A neotropical rainforest canopy, ant community: some ecological considerations. In C. R. Huxley & D. F. Cutler (Eds.), *Ant-plant interactions*. (pp. 536-538). Oxford University Press.

Tuomisto, H. (2010). A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33(1), 2-22. doi:10.1111/j.1600-0587.2009.05880.x

Veech JA, Summerville KS, Crist TO, & Gering JC, (2002). The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, 99(1), 3-9. doi:10.1034/j.1600-0706.2002.990101.x

Whittaker RH. (1960). Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30(3), 279–338. Eco Soc America.

Whittaker RH. (1972a). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21(2/3), 213. doi:10.2307/1218190

Whittaker RH. (1972b). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21(2/3), 213. doi:10.2307/1218190

Wilson E. (1987). The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forests: a first assessment. *Biotropica*.

Wolda H. (1984). Spatial and temporal variation in abundance in tropical animals. *Special Publications British Ecological Society*.

CAPÍTULO II

**Nuevos registros de *Anchastus boulandi* Chass, *Physorhinus sexnotatus*, *P. marginatus*
y *Cardiorhinus apicalis* Golbach para Ecuador (Coleóptera: Elateridae)**

RESUMEN

Nuevos registros de *Anchastus bouldardi* Chass, *Physorhinus sexnotatus*, *P. marginatus* y *Cardiorhinus apicalis* Golbach (Coleóptera, Elateridae,) es presentados para Ecuador, incluyendo la distribución una descripción morfológica de las especies.

PALABRAS CLAVE

Escarabajo “click”, fogging, escarabajos, cuenca Amazónica.

ABSTRACT

New records of *Anchastus bouldardi* Chass, *Physorhinus sexnotatus*, *P. apicalis* *Cardiorhinus marginatus* Golbach (Coleoptera, Elateridae,) is presented to Ecuador, including a description morphological distribution of species..

KEY WORDS

Click beetle, fogging, beetles, Amazonian basin.

INTRODUCCIÓN

Los *Escarabajos Click* (Coleóptera: Elateridae) son generalmente reconocidos por poseer una combinación de un cuerpo estrecho y elongado con un protórax relativamente grande, presencia de patas filiformes o lobuladas y antenas serradas. La mayoría de las especies producen un sonido o chasquido como “click” debido a la articulación del proceso intercoxal prosternal con la cavidad mesosternal (Johnson 2002).

Los adultos de la mayoría de las especies de escarabajos son relativamente comunes y se colectan a menudo en varias trampas, asociadas a la vegetación y a la luz. Por lo general son activos en la tarde y en horas de la noche cuando las temperaturas exceden los 16 °C (60 °F), muchas especies son nocturnas, algunas son predadoras de insectos de cuerpo blando y se alimentan de frutos maduros y en descomposición, néctar, polen, partes florales y nectarios extraflorales, tricomas glandulares, y exudados del floema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de los escarabajos y la vegetación del sitio aquí presentados provienen de un estudio de la biodiversidad de artrópodos del dosel, llevado a cabo en el Parque Nacional Yasuní, departamento de Orellana en Ecuador entre enero de 1994 y julio de 1996.

Este lugar presenta una precipitación en parte estacional con 2,7 m de lluvia por año, con estaciones seca y lluviosa que va desde aproximadamente noviembre a abril, y mayo a octubre, respectivamente.

Las muestras se obtuvieron utilizando la técnica de nebulización para artrópodos de dosel descrita por Erwin (1989), todas las muestras se encuentran depositadas en el Museo Nacional de Historia Natural (USNM) en Washington, DC., USA y en la Universidad Nacional Politécnica en Quito, Ecuador.

Para la identificación de las especies de *Anchastus*, *Cardiorhinus* y *Physorhinus* se utilizaron varias investigaciones taxonómicas como Aguirre-Tapiero (2009), Chassain 2010, Champion (1895), Golbach (1979) y Schaaf (1970, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de la familia Elateridae del Ecuador han sido pobremente estudiadas desde el punto de vista taxonómico como desde sus patrones de distribución (espacial y temporal). Blackwelder (1944) proporciona la última lista publicada regional que incluyó registros para este país. En la actualidad hay sólo 117 especies para el Ecuador en la lista de trabajo (datos no publ.), una pequeña fracción de las casi las 3.700 especies descritas para las Américas, y aproximadamente 2093 especies para el neotrópico (Costa 2000). En comparación con los países vecinos hay aproximadamente 630 especies reportadas de Brasil, 320 especies de Colombia (Aguirre-Tapiero 2009) y 122 especies de Perú. Estas cifras demuestran la documentación significativamente inadecuada de la fauna elateridos en Ecuador.

Este documento es un primer esfuerzo en aumentar la información al registro histórico de esta fauna ecuatoriana. Varia información es presentada con el objetivo de que esta información ayude a mejorar la documentación de los elateridos ecuatorianos y permita

proporcionar una bibliografía de la literatura taxonómica para la realización de futuros estudios que los incluya.

1. Género *Anchastus* Le Conte, 1853

El género *Anchastus* fue creado por Le Conte en el año 1853 y se encuentra bien representado en América Latina. El catálogo Blackwelder (1944) cita 43 especies conocidas, descritas casi en su totalidad por Candèze, Schwarz, Steinheil y Champion. De las cuales veinte especies se distribuyen en diferentes países de América del Sur (Chassain 2010).

***Anchastus bouldardi*, Chassain 2010 (Figs. 2.1-2.4)**

Chassain (2010) describió *A. bouldardi* para Montagne des Chevaux, en las Guyanas Francesas. Sin embargo, esta especie está muy extendida por el norte de América del Sur y el sur de Mesoamérica (datos no publ.). Esta especie se confunde fácilmente con *A. moratus* Candèze por los ápices apicales amarillos, pero se puede separar inmediatamente por el ápice negro de cada élitro.

A continuación se presenta una redesccripción de la especie teniendo en cuenta el espécimen examinado así mismo como la descripción realizada por Chassain.

Especímenes examinados:

PARATIPO MACHO: Ecuador. Departamento Orellana. / Trans. Ent. 1 Km S. Onkone Gare Camp / Reserva étnica Waorani / Onkone Gare Camp / 216.3m / Fecha: 21-Jun-96 / 00° 39' 25.7"S / 076° 27' 10.8"W / T. L. Erwin et al. / Transecto 3 estación 9 / Método de captura: Fogging / Elat 041 Macho. Este registro es nuevo para el país.

Hembra desconocida

Medidas: Longitud total: 8.56mm, longitud del protórax 2.56 mm, ancho pronotum 2.30 mm, longitud de élitros 6.20 mm, longitud de antena 2.20 mm.

Descripción:

-Cuerpo alargado-oval, moderadamente convexo, brillante (Fig. 2.1).

-Cabeza: la cabeza es densamente puntuada, de color marrón, convexa, declivosa en la frente; frente redondeada separada desde el margen anterior de la cabeza por un espacio estrecho, redondeado o un margen subangular, el cual desaparece en el centro.

-Antenas: negras totalmente excepto en algunos casos el segundo y tercer antenómero, algunos rojizas, pubescentes, en el ♂ ligeramente superior a la punta de los ángulos posteriores del pronoto, más largos que en las ♀, presencia de una línea caréniforme longitudinal, segundo antenómero globoso, de 2 veces a 2,5 veces más más corto que el tercero, juntos más cortos que el cuarto antenómero, desde aquí los antenómeros presentan formas triangulares hasta el décimo, último alargado acuminado.

-Protórax: longitudinalmente convexo, tan largo como ancho, casi cuadrado, estrecho desde la base hacia adelante, lados redondeados anteriormente; ángulos posteriores fuertemente formados, agudos, parte dorsal del protórax bicolor, de coloración amarilla y marrón, con una mancha de color marrón central discoidal formando el número ocho rodeados de dos franjas sinuosas de color amarillo, ángulos anteriores y posteriores del protórax amarillos; las suturas entre el proesternon y la propleura estrechamente separadas, acanaladas en el ápice. Pronoto del macho un poco más amplio en la base que en la hembra, los lados subparalelos largos y redondeados hacia adelante con un reborde lateral, la carina lateral visible desde arriba. Puntuación pronotal densa en el centro del disco. Ángulos posteriores no divergentes.

-Escutelum de color marrón oscuro con el margen anterior agudo.

-Élitros: moderadamente largos, subparalelos en la mitad y reducidos de forma arqueada hasta el ápice, los ápices separadamente redondeados; profundamente puntuado-estriados, las puntuaciones de cada estría muy distinta y cercanamente ubicadas, intersticios planos, débilmente convexo en los lados, finamente y cercanamente puntuados, cada élitro con un banda amarilla estrecha extendiéndose desde la base sobre el cuarto intersticio hasta antes de llegar al ápice, parte posterior de los élitros con una mancha amarilla clara, ápice elitral de color marrón oscuro. Placas coxales subrectangulares abruptamente amplias en la parte interna. Patas de color marrón, con el tercer artejo lamelado y el cuarto artejo pequeño.

-Genitalia: Aedeagus con un lóbulo medio delgado a lo largo de toda su longitud que va estrechándose, expansiones laterales con pocas setas, parte basal ligeramente curvada, delgada y esclerotizada (Fig. 2.2)

-Urosternito VIII: Es más ancho que largo, con un área membranosa, los bordes laterales esclerotizados y parcialmente en la región apical. Margen apical fuertemente excavado. (Fig. 2.3)

-Urosternito IX: margen apical y basal, esclerotizados y membranoso, barras del esternito completamente unidas y curvadas (Fig.2.3).

-Uroterguito IX - X: De forma pentagonal, con un apariencia mas larga que ancha, esclerotizado con la presencia de setas largas en la región apical, por otro lado el uroterguito X es membranoso, subtriangular con el ápice redondeado, borde basal con dos escotes curvos unidos en el centro y a los lados (Fig. 2.4)

Etimología: El epíteto específico hace referencia un amigo del autor llamado Michel Boulard, especialista en Cicadas (Chassain 2010)

Diagnosis: *Anchastus bouldardi* Chassain, comparte algunas características con otras especies del grupo *Anchastus*. Por ejemplo, *Anchastus moratus* (Candèze) presenta una coloración similar a *A. flavovottatus* y *A. bilineatus* y una coloración pronotal similar a *A. moratus* principalmente por su diseño de manchas en el pronoto y los élitros. Sin embargo Chassain no encuentra diferencias significativas del aedeagus entre las dos especies. Se diferencia con *A. moratus* por la presencia de una interestia elitral de color amarillo y unas maculas amarillas ubicadas también apicalmente en los élitros.

Distribución: *Anchastus bouldardi*, Chassain es conocido para las Guyanas Francesas (Chassain 2010) y ahora para Ecuador.



Figura 2. 1. Vista dorsal de *Anchastus boulandi*, Chassain.



Figura 2. 2. Aedeagus de *Anchastus boulandi*, Chassain.



Figura 2. 3. Urosternito IX y urosternito VIII de *Anchastus boulandi*, Chassain.



Figura 2. 4. Urotergito IX – X de *Anchastus boulandi*, Chassain.

2. Nuevo registro de *Cardiorhinus Eschscholtz*, 1829 para Ecuador.

Cardiorhinus apicalis Golbach, 1979.

Descripción:

Cuerpo amarillo con la mitad apical de los élitros de color negro, protórax rojo con dos bandas negras que no alcanzan a llegar a la base ni al ápice, cabeza negra y convexa; antenas de color marrón oscuro con el tercer antenómero más largo que el cuarto; protórax convexo, tan largo como ancho, sin ninguna hendidura en el medio, con puntos dispersos en el margen del pronotum, margen posterior con dos depresiones alargadas y muy estrechas, margen anterior recto; disco rojizo con dos franjas anchas negras que no alcanzan el margen anterior y margen posterior, ángulos posteriores fuertemente carinados; escutellum negro y muy convexo; élitros tan anchos como la base del pronotum, suavemente disminuyendo hacia el ápice, ápice elitral terminado en punta fina; élitros estriado-puntuados, primer intersticio plano, los otros ligeramente convexos, más convexo hacia el ápice que hacia la base, segundo y cuarto intersticio son mas anchos en la mitad basal que los otros, la mitad apical de los élitros es de color negro y la mitad basal de color amarillo, la región negra se mueve sobre el sexto, séptimo y octavo intersticio y el último intersticio es negro casi hasta la base, superficie ventral de color negro excepto una franja estrecha en el borde exterior del episterno y toda la epipleura; hendidura mesosternal suavemente inclinada hacia el interior, patas de color marrón oscuro. (Fig. 2.5)

Golbach (1979) describió *C. apicalis* para Nigrillani, Norte de las Yungas y Bolivia. Los siguientes registros son los primeros para Ecuador y fuera de Bolivia. La combinación de distintos surcos basales en el margen posterior del pronoto y los lados mesoesternales en un ángulo inclinado asocian esta especie con *C. frenatus* y *C. piciventris* en el Grupo 2 dentro del género. *Cardiorhinus apicalis* se distingue inmediatamente dentro de este grupo por el pronoto bimaclado, disco pronotal, y los élitros negros en el medio apical, antenómeros 3 y 4 similares, y la tercera interstria elitral no es elevada.

Especímenes examinados:

ECUADOR. Departamento Orellana. / Transecto Ent. 1 km S. Onkone Gare Camp / Reserva Étnica Waorani / Onkone Gare Camp / 216.3m / Fecha: 08-Oct-95 / 00°39'25.7" S

/ 076° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / Transecto 9 – estación 2 / Método de colecta: Fogging / Hábitat: Bosque tierra firme / Lot # 1252.

Departamento Orellana. / Transecto Ent. 1 km S. Onkone Gare Camp / Reserva Étnica Waorani / Onkone Gare Camp / 216.3m / Fecha: 01-Oct-96 / 00°39'25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / Transecto 3 – estación 9 / Método de colecta: Fogging / Hábitat: Bosque tierra firme / Lot # 1689.

Departamento Orellana. / Transecto Ent. 1 km S. Onkone Gare Camp / Reserva Étnica Waorani / Onkone Gare Camp / 216.3m / Fecha: 02-Oct-96 / 00°39'25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / Transecto 6 – estación 10 / Método de colecta: Fogging / Hábitat: Bosque tierra firme / Lot # 1720.

Distribución: *C. apicalis* era conocido solo para Bolivia (Golbach 1979)

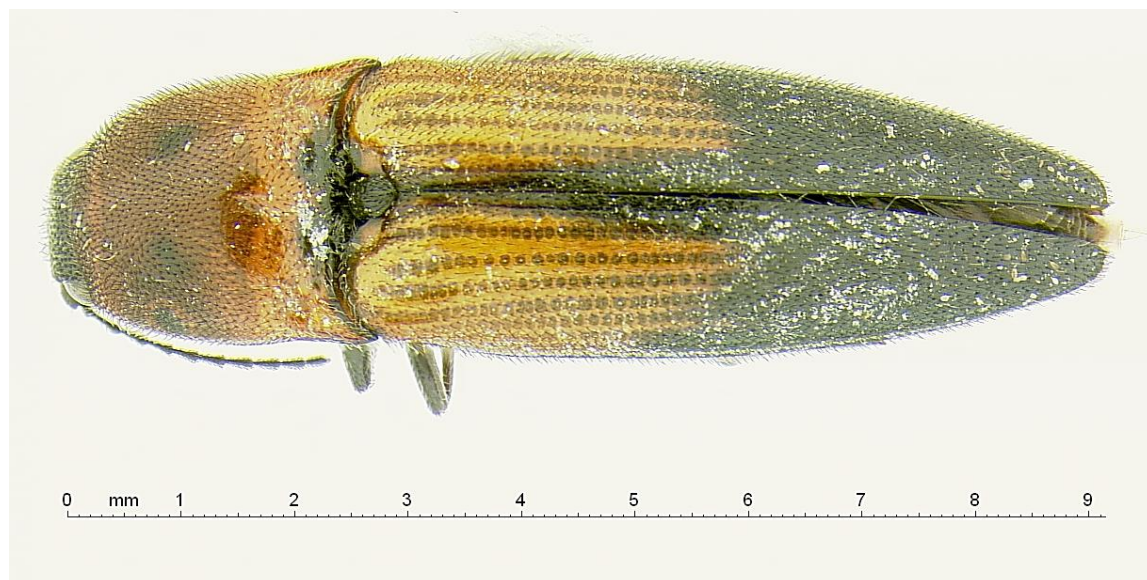


Figura 2. 5. Vista dorsal de *Cardiorhinus apicalis* Golbach, 1979

3. Nuevo registro de *Physorhinus marginatus* Candèze, 1859 y *Physorhinus sexnotatus* Steinheil, 1875 para Ecuador

***Physorhinus marginatus* Candèze, 1859 (Fig. 2.6)**

Descripción:

Frente de color amarillo anaranjado; mácula triangular marrón rojizo en la base de la cabeza; puntuación fina, densa y de tamaño variable, puntuaciones individuales separadas al menos por su propio diámetro; antenas de color marrón claro, un poco menos de la mitad de la longitud del cuerpo, antenómero uno con muy poco desarrollo de la carina longitudinal, antenómeros 4 -6 con carinas poco desarrolladas, segmentos de 7 – 11 con una carina longitudinal en el medio. Nasal plano casi cuadrado. Pronotum amplio, subtriangular, ligeramente convexo, ángulos posteriores bicarinados. Disco pronotal marrón rojizo, márgenes laterales con unas bandas amplias de color amarillo anaranjado las cuales son más anchas en la base que en el ápice y se extienden en la región notopleural. Puntuación pronotal densa sobre el disco, se observan dos tamaño distintos con puntuaciones individuales separadas por su propio diámetro o menos; puntuación anterior lateral un poco más grande, volviéndose obsoleta antes de llegar a los ángulos posteriores. Élitros de color rojo marrón con cuatro maculas ovaladas subiguales de color amarillo anaranjado; élitros anchos y amplios, ápices obtusos y muy finamente serrados; estría sutural y estría 5-9 distinta. Superficie ventral y patas de color marrón rojizo. Ápice de las placas metacoxales ampliamente redondeadas, sin llegar al segundo segmento abdominal (Fig.2.6).

P. marginatus es separado de las otras especies por los márgenes laterales amarillos-naranja del pronotum. Esta especie se parece bastante a *P. erythrocephalus* en la presencia de cuatro maculas amarillo naranja sobre los élitros, pero estas son subiguales, y en *P. erythrocephalus* el par de maculas basales son distintivamente más grandes.

Especímenes examinados:

ECUADOR. Departamento Orellana. / Transecto Ent. 1 Km S. Onkone Gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 04-Oct-96 / 00° 39' 25.7" S / 076° 27' 10.8" W / T. L. Erwin et al. / Transecto 10 – estación 3 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1753 / Elat; 112.

Distribución: *P. marginatus* era conocido solo para las Guyanas francesas y Brasil (Schaaf 1971)

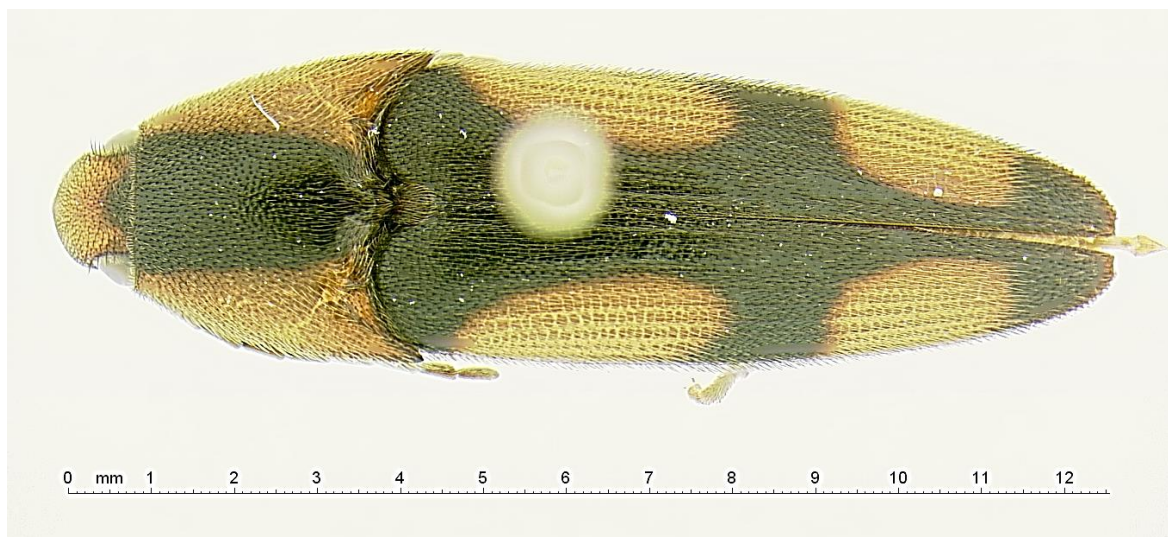


Figura 2. 6. Vista dorsal de *Physorhinus marginatus* Candèze, 1859 hembra.

***Physorhinus sexnotatus* Steinheil, 1875**

Descripción:

Frente de color amarillo anaranjado claro, con un borde marrón - amarillo en la base de la cabeza; puntuación densa, de tamaño variable, la mayoría de las puntuaciones separados por su propio diámetro o menos, excepto en la base de la cabeza donde es menos denso. Antenas de color marrón, un poco menos de la mitad de la longitud del cuerpo, segmentos 1 y 4-9, cada uno con carina media longitudinal, este último desarrollado mejor en los segmentos proximales; segmentos de 4 -11 alargado, no más de dos veces más largo que ancho. Nasal ligeramente cóncavo, bordes anteriores laterales elevados hacia las carinas oblicuas. Pronoto de color amarillo pardo, con lados subparalelas o menos subtriangulares, ligeramente convexo, con ángulos posteriores bicarinados. Puntuación pronotal moderada en el disco, uniformemente espaciados, con dos tamaños distinguibles, la mayoría de las puntuaciones separadas por propio diámetro o más; puntuaciones laterales más gruesos y más grandes, dos tamaños, puntuaciones separadas por su propio diámetro o menos, disminuyendo hacia los ángulos posteriores. Élitros de color amarillo pardo, dos máculas pequeñas irregulares en el centro del borde anterior, dos grandes ubicadas lateralmente y

dos manchas medianas ovaladas de color amarillo cercanas al ápice. Élitros amplios, ligeramente convexos; cónicos en el último tercio a estrechamente redondeados con ápices dentados. Estría sutural evidente. Parte ventral de color rojo marrón a marrón amarillento, patas de color amarillo marrón, placas metacoxales estrechas, ápice llegando justo sobre la línea de la sutura del segundo segmento abdominal. (Fig. 2.7)

Especímenes examinados:

ECUADOR. Departamento Orellana. / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 16-Jan-94 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 4 – estación 8 / Método de colecta: Fogging / Lot # 587.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 20-Jun-94 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 2 – estación 8 / Método de colecta: Fogging / Lot # 687.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 6-Oct-94 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 9 – estación 1 / Método de colecta: Fogging / Lot # 870.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 5-Feb-96 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 4 – estación 7 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1437.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 21-Jun-96 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 4 – estación 7 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1557.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 21-Jun-96 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 4 – estación 8 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1558.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 22-Jun-96 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 6 – estación 3 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1573.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / 22-Jun-96 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / Transecto 6 – estación 4 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1574.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 26-Jun-96 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 8 – estación 6 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1596.

Departamento Orellana / Transecto Ent. 1 km S. Onkone gare Camp / Reserva Étnica Waorani / 216.3m / Fecha: 23-Jun-96 / 00° 39' 25.7" S / 76° 27' 10.8" W / T.L. Erwin et al. / transecto 9 – estación 3 / Método de colecta: Fogging / Lot # 1603.

Distribución: Esta especie es ampliamente distribuida, siendo reportada en Centro América desde Costa Rica a Panamá y en Sur América desde Colombia, Guyanas Francesas, Brasil, Perú, y Bolivia (Schaaf 1971). Ahora se amplía su distribución para Ecuador.



Figura 2. 7. Vista dorsal de *Physorhinus sexnotatus* Steinheil, 1875

CONCLUSION

En este capítulo se demuestra cómo la taxonomía de los coleópteros neotropicales de dosel, específicamente de la familia Elateridae, es un campo de la investigación biológica con un alto grado de importancia dado la alta biodiversidad en esas zonas, así como la deficiencia en el conocimiento taxonómico de la mayoría de los grupos.

La cantidad de documentación acerca de la biodiversidad es problemática debido a cuatro problemas clásicos de la biología de los insectos: 1) la atención inadecuada por parte de los

coleccionistas, 2) la falta de especialistas, ya sean profesionales o aficionados, 3) la falta de inclusión en encuestas e inventarios que se han centrado en la facilidad para identificar los taxones y 4) el sesgo de muestreo debido a la recogida itinerante por los no especialistas y otros colectores al imponer una clara preferencia hacia las especies grandes y de colores brillantes, como los de *Semiotus* Eschscholtz.

La realización de investigaciones taxonómicas de insectos neotropicales resultan ser una herramienta muy valiosa para la posterior realización de estudios ecológicos ya que permite reconocer la identidad de las especies evitando el uso de las denominadas morfoespecies, herramienta muy útil y en algunos casos la opción obligadas en la mayoría de estudios de diversidad de insectos neotropicales.

LITERATURA CITADA

Aguirre-Tapiero MP (2011) Estudio taxonómico de Elateridae (Col.) del Valle del Cauca-Colombia, Una aproximación a los Elateridae en Colombia. Editorial Académica Española ISBN: 978-3-8443-4930-6.

Aguirre-Tapiero MP (2009) Clave para los géneros conocidos y esperados de Elateridae Leach (Coleóptera: Elateroidea) en Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 10(2): 25-35.

Blackwelder RE (1944) Checklist of Coleopterus Insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Bulletin United States Natural Museum Part 2 # 185: 189-341.

Candèze E (1859) Monographie des èlatérides. Mèmoires de la Société Royale des Sciences de Liège 14: 1-543.

Champion GC (1895) Biologia Centrali-Americana. Insecta, Coleóptera (3) Part I. Elateridae: 258-584.

Chassain J (2010) Les *Anchastus* Le Conte, 1853 de Guyane (Coleoptera, Elateridae, Physorhininae). Le Coléopteriste 13 (1) 43-53.

Erwin TL (1989) Canopy arthropod biodiversity: a chronology of sampling techniques and results. Rev. Perú Entomol. 32: 71-77.

Golbach R (1979) Las especies de *Cardiorhinus* (Col. Elat.) con más de una franja longitudinal oscura en el pronoto. Acta Zoológica Lilloana XXXIII: 2

Johnson PJ (1991) A key to recorded and expected genera of Elateridae in Costa Rica. Available via Internet website: http://nathist.sdstate.edu/SMIRCOL/Costa_Rica/Elaters/key.htm> [Access in March 2005].

Johnson P J (2002) Elateridae In: American Beetles, Vol 2. Crc press. Washington, DC. 160-172p.

Schaaf D (1970) Revision of the genus *Physorhinus* (Coleoptera, Elateridae) in North, Central, and South America, Part I: Introduction and Key to the Species. Ent. News, 81: 225-232.

Schaaf D (1971) Revision of the genus *Physorhinus* (Coleoptera, Elateridae) in North, Central, and South America, Part II: Descriptions. Ent. News, 82: 57-84.

LITERATURA CITADA GENERAL

Adis J (1997) Terrestrial invertebrates: survival strategies, group spectrum, dominance and activity patterns. En: Junk WJ (Ed) The central amazonian floodplain: Ecological studies. Springer Verlag, Nueva York, 299 – 318.

Adis J, Lubin YD, Montgomery GG (1984) Arthropods from the canopy of inundated and terra firme forests near Manaus, Brazil, with critical considerations on the pyrethrum-fogging technique. Studies on neotropical fauna and environment 19(4): 223 – 236.

Aguirre-Tapiero MP (2011) Estudio taxonómico de Elateridae (Col.) del Valle del Cauca-Colombia, una aproximación a los Elateridae en Colombia. Editorial Académica Española ISBN: 978-3-8443-4930-6.

Aguirre-Tapiero MP (2009) Clave para los géneros conocidos y esperados de Elateridae Leach 1815 (Coleóptera: Elateroidea) en Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle 10(2): 25-35.

Amedegnato C (1997) Diversity of an Amazonian canopy grasshopper community in relation with resource partitioning and phylogeny. En: Stork NE, Adis J, Didham RK (Eds.) Canopy Arthropods. Chapman and Hall, London, 224-236.

Álvarez HA, López AN, Vincini AM y Manneti RL (1993) Relevamiento de los insectos del suelo en cultivos de papa del sudeste bonaerense. CERBAS INTA, Boletín Técnico 118, 18 p.

Arias ET (2003) Elateridae y su estado en Chile. En: Programa XXV Congreso Nacional de Entomología. Berkeley. Essig Museum of Entomology, University of California. 10p.

Artigas J (1994) Entomología Económica. Insectos de Interés Agrícola, Forestal, Médico y Veterinario. II Ed. Universidad de Concepción. Chile.

Baselga A (2010) Multiplicative partition of true diversity yields independent alpha and beta components; additive partition does not. Ecology 91(7): 1974-81.

Basset Y (2001) Invertebrates in the Canopy of Tropical Rain Forests How Much Do We Really Know? Plant Ecology 153(1): 87–107.

Basset Y (2008) Choice of metrics for studying arthropod responses to habitat disturbance: one example from Gabon. Insect Conservation and Diversity 1(1) 55–66.

Bermúdez-Rivas C (2011) Artrópodos de hojarasca en la región del bosque seco tropical del valle del río Cauca: patrones de diversidad y congruencia entre taxa (hormigas,

queliceriformes y coleópteros estafilínidos). Tesis de Maestría Universidad del Valle, Cali-Colombia.

Blackwelder RE (1944) Checklist of coleopterus insects of Mexico, Central America, the West Indies, and South America. Bulletin United States Natural Museum Part 2 # 185: 189-341.

Bruch C (1938-1942) Misceláneas entomológicas. Notas del Museo La Plata 7(57):141-151, 3 pl

Calder A (1996) Click beetles. Genera of the Australian Elateridae (Coleoptera). Monographs on Invertebrate Taxonomy, vol. 2. CSIRO Publishing, Victoria. 401p.

Candèze E (1857) Monographie des élaterides. Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liège 1:400, 7 pls.

Candèze E (1859) Monographie des élaterides. Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liège 14: 1-543.

Candèze E (1880) Addition au relevé des Elateridae Malais. Annali del Museo-Civico di Storia Naturale (15): 188-189.

Candèze E (1881) Elaterides nouveaux III. Mémoires de la Société Royale de Sciences de Liège 9: 1-117.

Candèze E (1889) Elaterides nouveaux. Mémoires de la Société Royale de Sciences de Liège 33: 1-57.

Candèze E (1891) Catalogue méthodique des élaterides connus en 1890. Liège: 1-246.

Casari SA (1998) Revision of *Hemirhipus* Latreille, 1825 (Coleoptera, Elateridae). Revista Brasileira de Entomologia 41 (2-4): 314-334.

Casari SA (2002) Larvae of *Alaus myops*, *A. oculatus*, *Chalcolepidius porcatus*, *Hemirhipus apicalis* and generic larval characterization (Elateridae, Agrypninae, Hemirhipini). Iheringia, Série Zoologia 92(2):93-110.

Casari-Chen SA (1991) Systematics and phylogenetic analysis *Lacais* Fleutiaux, 1942 (Coleoptera, Elateridae, Pyrophorinae, Hemirhipini). Revista Brasileira de Entomologia 35(4): 773-794.

- Champion GC (1895) *Biologia Centrali-Americana*. Insecta, Coleóptera (3) Part I. Elateridae: 258-584.
- Chassain J (2010) Les *Anchastus* Le Conte, 1853 de Guyane (Coleoptera, Elateridae, Physorhininae). *Le Coléopteriste* 13 (1) 43-53.
- Cherry R, Stansly P (2008) Abundance and spatial distribution of wireworms (Coleoptera: Elateridae) in Florida sugarcane fields on muck versus sandy soils. *Florida Entomologist* 91(3): 383–387.
- Costa C (1968) Género *Pyrophorus*. 1. Especies com antenas curtas e vesículas luminescentes Laterais (Col., Elateridae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 22 (8): 61-83.
- Costa C (1978) Sistemática e bionomia de *Pyrearinus* Costa, 1975 (Coleoptera, Elateridae). *Arquivos de Zoologia* 29(4): 185-236.
- Costa C (1980) Novas especies dos géneros *Ignelater* e *Opselater*, (Coleoptera, Elateridae, Pyrophorinae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 33(7): 157-176.
- Costa C, Vannin S, Casari SA (1988) *Larvas de Coleoptera Do Brasil*. São Paulo, Museo da Zoologia Universidade São Paulo, Fapesp. 282p.
- Costa C (2000) Estado de conocimiento de los Coleoptera neotropicales. En: Martín-Piera F, Morrone FF, Melic A (Eds) *Hacia un Proyecto Cyted para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000*. Monografías Tercer Milenio, vol. 1, SEA, Zaragoza, 2000: 99-114.
- Colwell R (2011) EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2.
- Crist TO, Veech JA, Gering JC, Summerville KS (2003) Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of alpha, beta, and gamma diversity. *The American naturalist*, 162(6): 734-43.
- Crowson RA (1960) The phylogeny of Coleoptera. *Annual Review of Entomology* 5: 111-134.
- Crowson RA (1961) On some new character of classificatory importance in adults of Elateridae (Coleoptera). *Entomologist's Monthly Magazine* 96: 158-161.
- Crowson RA (1972) A review of the clasication of Cantharoidea (Coleoptera), with the definition of two new families, Cneoglosidae and Omethidae. *Revista de la Universidad de Madrid* 21(82): 35-74.
- Crowson RA (1975) The evolutionary history of Coleoptera, as documented by fossil and comparative evidence. en: *Atti del X Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*. 47- 90.

- Crowson RA (1981) The biology of coleoptera. Academic press, London, 165p.
- Dajoz R (2001) Entomología Forestal. Los insectos y el bosque. Madrid, España. Mundi Prensa. 549 p.
- Devries PJ, Murray D, Lande R (1997) Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. Biological Journal of the Linnean Society 62(3): 343-364.
- Dolin VG (1975) Wing venation in Click-beetles (Coleoptera, Elateridae) and its importance for taxonomy of the family. Zoologicheskii Zhurnal. 54:1618 - 1633.
- Erwin TL (1982) Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. Coleopterists Bulletin 36(1): 74–75.
- Erwin TL (1984) Beetles and other insects of tropical forest canopies at Manaus, Brazil, sampled by insecticidal fogging. En: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC (Eds) Tropical rain forest: ecology and management. Special Publication of the British Ecological Society, 59-75.
- Erwin TL (1989) Canopy arthropod biodiversity: a chronology of sampling techniques and results. Revista Peruana de Entomología 32: 71–77.
- Erwin TL (1991) How Many Species Are There?: Revisited. Conservation Biology 5(3): 330-333.
- Erwin TL (1995) Measuring arthropod biodiversity in the tropical forest canopy. In Lowman M, Nadkarni N(Eds) Forest canopies. Academic Press San Diego, California, USA, 109-127.
- Erwin TL, Geraci CJ (2009) Amazonian rainforest and their richness of coleoptera, a dominant life form in the critical zone of the neotropics. En: Footit RG, Adler PH (Eds) Insect Biodiversity: Science and society. Wiley-Blackwell Online Library, UK, 49–67.
- Erwin TL, Pimienta MC, Murillo OE, Aschero V (2005) Mapping Patterns of β Diversity for Beetles Across the Western Amazon Basin: A Preliminary Case for Improving Inventory Methods and Conservation Strategies. Proceedings of the California Academy of Sciences 56(7): 72-85.
- Erwin T, Scott J (1980) Seasonal and size patterns, trophic structure, and richness of Coleoptera in the tropical arboreal ecosystem: the fauna of the tree *Luehea seemannii* Triana and Planch in the Canal Zone. The Coleopterists Bulletin, 34(3), 305-322.

Fleutiaux E (1947) Révision des Elatérídes (Coléoptères) del' Indo-Chine Française. Notes d'Entomologie Chinoise 11: 233-420.

Gering JC, Crist TO, Veech JA (2003) Additive Partitioning of Species Diversity across Multiple Spatial Scales: Implications for Regional Conservation of Biodiversity. Conservation Biology 17(2): 488-499.

Golbach R (1976) Clave Tentativa de los Géneros y Especies de la Subfamilia Hemirrhinae (Col. Elat.) de Centro y Sudamérica. Acta Zoológica Lilloana 32: 15-30.

Golbach R (1979) Las especies de *Cardiorhinus* (Col. Elat.) con más de una franja longitudinal oscura en el pronoto. Acta Zoológica Lilloana XXXIII: 2

Golbach R, Aranda S, Guzmán de Tomé M (1991) Contribución al Conocimiento de la Subfamilia Pachyderinae y Primera Cita de Especies para la Argentina. Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Año XVI – 51: 170-182.

Golbach R, Guzmán de Tomé M, Aranda S (1991) La subfamilia Ctenicerinae (Col., Elateridae) de la Región Neotropical y Nuevas Citas Para la República Argentina. Acta Zoologica Lilloana XL, 1:89-94.

Golbach R (1994) Elateridae (Col.) de la Argentina, Historia, Catálogo actualizado hasta 1991 inclusive y clave de subfamilias y de géneros de centro y sudamérica. Opera Lilloana 41: 1-48.

Guryeva EL (1974) Thoracic structure of click beetles (Coleoptera, Elateridae) and the significance of the structural characters for the system of the family. Zoological Institute USSR. Academy of Sciences. Leningrad: 67- 79.

Guzmán de Tomé M (1992) Nueva especie y primeras citas para algunas especies de *Conoderus* del Grupo II de la Argentina (Col. Elat). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina (91): 331-342.

Guzmán de Tomé M (1997) Contribución al conocimiento del género *Conoderus* grupo II Eschsch. (Coleoptera-Elateridae) en la Región Neotropical. Tesis de Magíster. Tucumán-Argentina, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales. e Instituto Miguel Lillo. 125p.

Guzmán de Tomé M (2005) Clave de las Especies de *Conoderus* Grupo II (Coleoptera: Elateridae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 64(3): 119-129.

Guzmán De Tomé M, Aranda S (2008) Familia Elateridae. En: Claps, L .E.; G. Debandi & S. Roig Juñent (Dir.). Biodiversidad de artrópodos argentinos volumen 2. Editorial Sociedad Entomológica Argentina, 553-563.

Guzmán de Tomé M, Peralta P (2000) La microfotografía de barrido como método para la determinación específica del género *Heteroderes*, Latr., 1834 (Col. Elateridae). Boletín de la Asociación Española de Entomología 24(1 - 2):243-249.

Hyslop JA (1917) The phylogeny of the Elateridae based on larval characters. Annals Entomology Society of America 10: 241-263.

Johnson PJ (1991) A key to recorded and expected genera of Elateridae in Costa Rica. Disponible en:
http://nathist.sdstate.edu/SMIRCOL/Costa_Rica/Elaters/key.htm > [Consultado en Marzo 2009].

Johnson PJ (2002) Elateridae. En: Arnett RH, Thomas MC, Skelley PE, Frank, JH (Eds) American Beetles, Volume II: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press, Washington, DC, 160-172.

Jost L (2006) Entropy and diversity. Oikos 113(2): 363-375.

Jost L (2007) Partitioning diversity into independent alpha and beta components. Ecology 88(10): 2427–2439.

Jost L, DeVries P, Walla TR, Greeney H, Chao A, Ricotta C (2010) Partitioning diversity for conservation analyses. Diversity and Distributions 16(1): 65-76.

Lande, R. (1996). Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. Oikos, 76(1): 5-13.

Lawrence JF, Newton AF (1982) Evolution and classification of beetles. Annual Review of Ecology and Systematics 13: 261-290.

Lawrence JF, Newton JR (1995) Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names) En: Pakaluk J, Slipinski SA (Eds) Biology, Phylogeny, and classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80 th Birthday of Roy Crowson, Muzeum i Instytut Zoologii. PAN. Warszawa, 779-1006.

Leah WE (1815) The zoological miscellany: being descriptions of new, or interesting animals. Vol 2. London.

Legendre P (1993) Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm?. Ecology 74(6): 1659.

Longino JT, Coddington J, Colwell RK (2002) The ant fauna of a tropical rain forest: Estimating species richness three different ways. Ecology 83(3): 689-702.

Lowman, MD, Wittman PK (1996) Forest canopies : methods, hypotheses, and future directions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 55–81.

Lucky A, Erwin TL, Witman JD (2002) Temporal and Spatial Diversity and Distribution Carabidae (Coleoptera) in a Western Amazonian Rain Forest. *Biotropica*, 34(3): 376–386.

Magurran AE (1988) *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179p.

Magurran AE (2004) *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 256p.

Malcom JR (1997) Insect biomass in Amazonian forest fragments. In Stork N. E., Adis J, Didham RK (Eds) *Canopy Arthropods*. Chapman and Hall, London, UK, 510-533.

Moreno CE, Rodríguez P (2010) A consistent terminology for quantifying species diversity? *Oecologia* 63(2):279-820.

Mora C, Tittensor DP, Adl S, Simpson AGB, Worm B (2011) How many species are there on Earth and in the ocean?. *PLoS biology* 9(8) e1001127.

Novotny V, Basset Y (2000) Rare species in communities of tropical insect herbivores: Pondering the mystery of singletons. *Oikos* 89: 564-572

Novotny V, Basset Y (2005) Host Specificity of Insect Herbivores in Tropical Forest. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences* 272 (1568): 1083–1090.

Oliver I, Beattie AJ (1993) A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation biology* 7(3) 562–568. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2386684> [Consultado: Mayo 31, 2011]

Oliver I (1996) Designing a cost-effective invertebrate survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. *Ecological Applications* 6(2) 594–607. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2269394> [Consultado: Mayo 31, 2011].

Penny ND, Arias JR (1982) *Insects of an Amazon forest*. Columbia University Press, New York, 270p.

Rös M, Escobar F, Halffter G (2012) How dung beetles respond to a human-modified variegated landscape in Mexican cloud forest: a study of biodiversity integrating ecological and biogeographical perspectives. *Diversity and Distributions*, 18(4): 377-389.

Schaaf D (1970) Revision of the genus *Physorhinus* (Coleoptera, Elateridae) in North, Central, and South America, Part I: Introduction and Key to the Species. *Entomological News*, 81: 225-232.

Schaaf D (1971) Revision of the genus *Physorhinus* (Coleoptera, Elateridae) in North, Central, and South America, Part II: Descriptions. *Entomological News*, 82: 57-84.

Schenkling S (1925) *Coleopterorum Catalogus Pars 80. Elateridae I: 1-263 XII.*

Sokal RR, Oden NL (1978) Spatial autocorrelation in biology 2. Some biological implications and four applications of evolutionary and ecological interest. *Biological Journal of the Linnean Society*, 10(2), 229-249.

Stibick JNL (1979) Classification of the Elateridae (Coleoptera). Relationships and classification of the subfamilies and tribes. *Pacific Insects* 20 (2-3), 145-186.

Tobin J (1991) A neotropical rainforest canopy, ant community: some ecological considerations. En: Huxley CR, Cutler DF (Eds) *Ant-plant interactions*. Oxford University Press, 536-538.

Tuomisto H (2010) A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33(1): 2-22.

Veech JA, Summerville KS, Crist TO, Gering JC (2002) The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, 99(1): 3-9.

Wells SA (2007) Revision of the Neotropical click beetles genus *Semiotus* Eschscholtz (Coleoptera: Elateridae). *Contributions in science*, Number 14, Natural History Museum of Los Angeles Country.




Whittaker RH (1960) Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30(3):279–338.




Whittaker RH (1972) Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21(2/3): 213.




Wilson E (1987) The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forests: a first assessment. *Biotropica*, 19(3): 245-251.




Wolda H (1984) Spatial and temporal variation in abundance in tropical animals. *Special Publication of the British Ecological Society*.




Anexo 1. LISTADO DE ESPECIES DE LOS ELATERIDOS DE DOSEL DE LA CUENCA AMAZÓNICA OCCIDENTAL CON SUS CORRESPONDIENTES CÓDIGOS E IMÁGENES.




CÓDIGO	NOMBRE	IMÁGEN
Elat 001	<i>Horistonotus/Triplonychus</i> sp1.	
Elat 002	<i>Deromecus</i> sp.	
Elat 003	<i>Physorhinus erythrocephalus</i> Fabricius, 1801	




Elat 005	<i>Pomachilius</i> sp.	
Elat 006	<i>Agriotes</i> sp1.	
Elat 007	<i>Glyphonyx</i> sp.	




Elat 008	<i>Conoderus</i> sp1.	
Elat 009	<i>Physorhinus sexnotatus</i> Steinheil, 1875	
Elat 010	<i>Aeolus</i> sp1.	




Elat 011	<i>Anchastomorphus</i> sp1.	
Elat 012	<i>Glyphonyx</i> sp2.	
Elat 013	<i>Drapetes</i> sp1.	




Elat 014	<i>Esthesopus</i> sp1.	
Elat 015	<i>Dilobitarsus</i> sp1.	
Elat 017	<i>Anosplichius</i> sp1.	


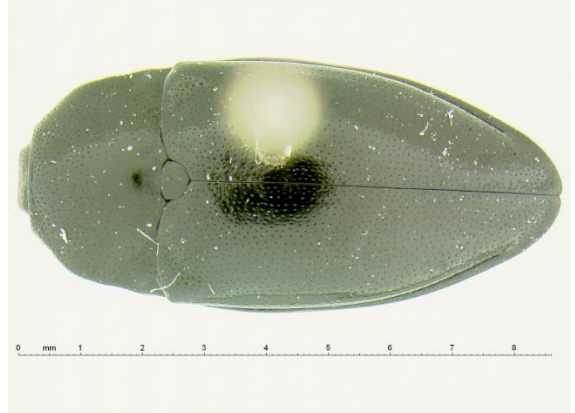

Elat 018	<i>Dipropus</i> sp1.	
Elat 019	<i>Esthesopus</i> sp2.	
Elat 020	<i>Esthesopus</i> sp3.	




Elat 021	<i>Cardiorhinus</i> sp1.	
Elat 022	<i>Anchastus</i> sp.	
Elat 023	<i>Physorhinus</i> sp.	




Elat 024	<i>Cardiorhinus apicalis</i> Golbach, 1979	
Elat 025	Elateridae (<i>Anchastomorphus</i>) sp1.	
Elat 026	Elateridae (<i>Anchastomorphus</i>) sp2.	




Elat 027	Agriotes (<i>Glyphonyx</i>) sp2.	
Elat 029	Elateridae (<i>Anchastomorphus</i>) sp3.	
Elat 031	Elateridae (<i>Paradanus</i>) sp4.	




Elat 032	Elateridae (<i>Glyphonyx</i>) sp5	
Elat 035	<i>Drapetes</i> sp2.	
Elat 036	<i>Drapetes mordeloides</i> Host, 1789	




Elat 037	<i>Lissomus</i> sp1.	
Elat 039	<i>Lissomus</i> sp2	
Elat 040	<i>Dilobitarsus</i> sp2.	No foto
Elat 041	<i>Anchastus boulandi</i>	




Elat 043	<i>Anchastomorphus</i> (<i>Horistonotus</i>) sp2.	
Elat 044	<i>Atractosomus</i> sp.	
Elat 045	<i>Heteroderes</i> (<i>Megapentes</i>) sp.	




Elat 046	<i>Crepidius</i> sp1.	 <p>A dorsal view of a green beetle with long, segmented antennae. The elytra are green with a prominent white spot near the base. A scale bar at the bottom indicates measurements from 0 to 11 mm.</p>
Elat 047	<i>Pyrophorus</i> sp.	 <p>A dorsal view of a green beetle with a white spot on its elytra. The elytra have a distinct longitudinal texture. A scale bar at the bottom indicates measurements from 0 to 16 mm.</p>
Elat 048	<i>Anoplischius</i> sp2.	 <p>A dorsal view of a brown beetle with a white spot on its elytra. The elytra have a distinct longitudinal texture. A scale bar at the bottom indicates measurements from 0 to 7 mm.</p>




Elat 049	<i>Alampes</i> sp.	
Elat 051	<i>Elateridae</i> sp17	No foto
Elat 052	<i>Drapetes</i> sp3.	
Elat 053	<i>Conoderus</i> sp2.	




Elat 054	<i>Semiotus nigriceps</i> Candèze 1857	
Elat 056	<i>Semiotus bilineatus</i> Candèze 1857	
Elat 058	<i>Anchastomorphus</i> sp3.	

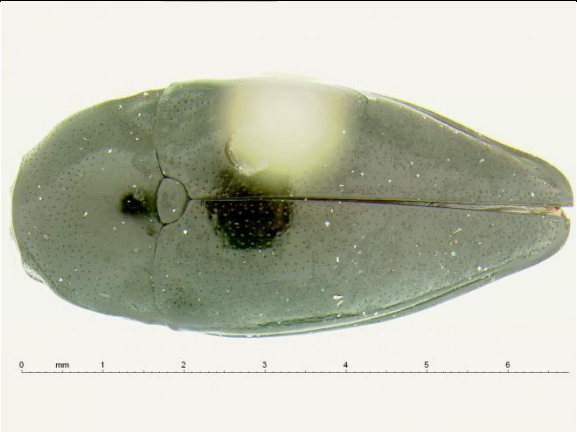


Elat 059	<i>Rismethus (Agrypnella)</i> sp.	
Elat 060	<i>Crepidius</i> sp2.	
Elat 061	<i>Esthesopus</i> sp4.	




Elat 062	<i>Drapetes</i> sp4.	
Elat 063	<i>Crepidius</i> sp3.	
Elat 064	Elateridae (<i>Paradonus</i>) sp6.	




Elat 065	<i>Lacon</i> sp.	
Elat 066	Elateridae (<i>Horistonotus</i> o <i>Triplonychus</i>) sp7.	
Elat 067	Elateridae (<i>Platycrepidius</i>) sp8.	




Elat 068	Elateridae (<i>Horistonotus</i>) sp9.	
Elat 069	<i>Drapetes</i> sp5.	
Elat 071	Elateridae (<i>Anchastomorphus</i>) sp10.	




Elat 072	<i>Conoderus</i> sp3.	
Elat 074	<i>Dicrepidius</i> sp1.	
Elat 075	<i>Aeolus</i> sp2.	




Elat 076	<i>Lissomus</i> sp3.	
Elat 077	<i>Conoderus</i> sp4.	
Elat 079	<i>Semiotus angulatus</i> Drury 1782	No foto
Elat 080	<i>Anoplischiopsis</i> (<i>Dipropus</i>) sp1.	




Elat 081	<i>Dipropus</i> (<i>Anoplischiopsis</i>) sp2.	
Elat 082	Elateridae sp11.	No foto
Elat 084	<i>Drapetes</i> (<i>Lissomus</i>) sp6.	
Elat 085	<i>Anoplischiopsis</i> (<i>Dipropus</i>) sp2.	




Elat 086	<i>Dicrepidius</i> sp2.	
Elat 088	<i>Aeolus (Horistonotus)</i> sp1.	
Elat 089	<i>Anoplischiopsis (Dipropus)</i> sp3.	




Elat 090	<i>Drapetes (Lissomus) sp7.</i>	
Elat 091	<i>Physorhinus distigma</i> Candèze 1859	
Elat 094	<i>Anoplischiopsis (Dipropus) sp4.</i>	



Elat 095	<i>Anoplischiopsis</i> sp5.	
Elat 096	<i>Anoplischiopsis</i> sp5.	
Elat 097	<i>Cardiorhinus</i> sp.	

Elat 098	Elateridae (<i>Anchastus</i>) sp12.	
Elat 099	<i>Anchastomorphus</i> sp4.	
Elat 100	<i>Horistonotus</i> (<i>Conoderus</i>) sp2.	

Elat 102	Elateridae (<i>Horistonotus</i>) sp13.	
Elat 103	<i>Dipropus (Physorhinus)</i> sp3.	
Elat 104	<i>Drapetes</i> sp8.	

Elat 105	<i>Lacon</i> sp2.	
Elat 108	<i>Anoploschiopsis</i> sp6.	
Elat 109	<i>Conoderus</i> sp5.	

Elat 110	<i>Cardiorhinus</i> sp2.	
Elat 112	<i>Physorrhinus marginatus</i> Candèze 1859	
Elat 113	Elateridae sp14.	

Elat 114	Elateridae (<i>Megapenthes</i>) sp15.	
Elat 115	Elateridae (<i>Anchastus</i>) sp16.	
Elat 118	<i>Drapetes</i> sp9.	